V. CĂTUNEANU
R. STRUNGARU

CONSTRUCȚIA ȘI TEHNOLOGIA ECHIPAMENTELOR RADIO ELECTRONICE



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Prof. dr. ing. VASILE M. CĂTUNEANU
Șef. lucrări dr. ing. RODICA STRUNGARU

CONSTRUCȚIA ȘI TEHNOLOGIA ECHIPAMENTELOR RADIO ELECTRONICE

(PENTRU SUBINGINERI)



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ—BUCUREȘTI

Referent științific: prof. dr. ing. **D. F. Lăzăroiu**

Redactor: ing. **Maria Beluri**
Tehnoredactor: **Necșoiu Paraschiv**
Grafician: **Victor. Wegemann**

PREFAȚĂ

Așa cum se subliniază în Programul și Directivele Congresului XI, la baza întregii noastre activități economico-sociale trebuie să așezăm cele mai noi cuceriri ale științei și tehnicii moderne. Nici nu se poate concepe făurirea unei orînduiri sociale avansate, care să nu aibă la temelie tot ceea ce a creat omenirea mai bun în domeniul cunoașterii.

În acest sens, sînt necesare noi măsuri pentru dezvoltarea învățămîntului în pas cu cuceririle cunoașterii contemporane, pentru legarea lor tot mai strînsă cu viața, cu necesitățile prezente și viitoare ale societății noastre în plină dezvoltare. Învățămîntul reprezintă principalul factor de educare și formare a omului nou. Tocmai de aceea, partidul nostru se ocupă permanent de perfecționarea continuă a învățămîntului, de integrarea sa cu cercetarea științifică și producția.

Programul și Directivele cer învățămîntului să aibă un caracter revoluționar, inovator, atît din punct de vedere al concepției, cît și ca organizare.

Noua concepție trebuie să se bazeze pe unitatea organică a învățămîntului cu cercetarea științifică și producția.

În recentele documente de Partid, se subliniază că „trebuie să creăm condițiile necesare ca studențimea să poată studia, participînd totodată permanent la activitatea de cercetare și de producție. La terminarea anilor de studenție, tinerii trebuie să cunoască temeinic problemele fundamentale, atît teoretice cît și practice, ale specialității pe care și-au ales-o, fiind în stare să treacă de îndată cu randament înalt, la activitatea productivă, acolo unde sînt repartizați".

Manualul de față își propune să contribuie la pregătirea tehnologică a subinginerilor din specialitatea Electronică. Autorii s-au străduit să sintetizeze ideile principale ale tehnologiilor existente, să desprindă tendințele de dezvoltare a construcției și tehnologiei de fabricație a aparaturii radiotehnice.

Cu toate acestea, autorii consideră necesar să atragă atenția cititorilor asupra tendinței permanente de schimbare a tehnologiilor, ca urmare a progresului științei și tehnicii în domeniul electronicii, ceea ce pune pe specialist în situația de a ști cînd să renunțe la ceea ce se învechește și să introducă noi metode, procedee și mijloace tehnologice .

Aceasta impune specialistului o preocupare permanentă de înnoire, de introducere în producție a progresului tehnic. Subinginerul electronist este factorul principal în schimbarea revoluționară a tehnologiei electronice. De aceea se cere un studiu permanent, pe tot parcursul activității în producție. A ne rezuma strict la ceea ce am învățat în facultate înseamnă a rămîne în urmă.

Autorii vor fi bucuroși dacă vor fi reușit să dea cititorilor acele elemente fundamentale, care să le permită abordarea și realizarea ulterioară a progresului tehnologic.

Fiind o primă încercare de realizare a unui astfel de manual, autorii vor fi recunoscători studenților, subinginerilor și altor specialiști care vor face observații și propuneri de îmbunătățire a conținutului.

Autorii

CUPRINS

INTRODUCERE

Industria electronică s-a remarcat printr-o dinamică deosebită atît din punct de vedere a volumului producției, dar mai ales prin schimbarea sa structurală ca urmare a progresului tehnologic.

Schimbarea în structura industriei electronice cunoaște cele trei faze prezentate în fig. 1 [2].

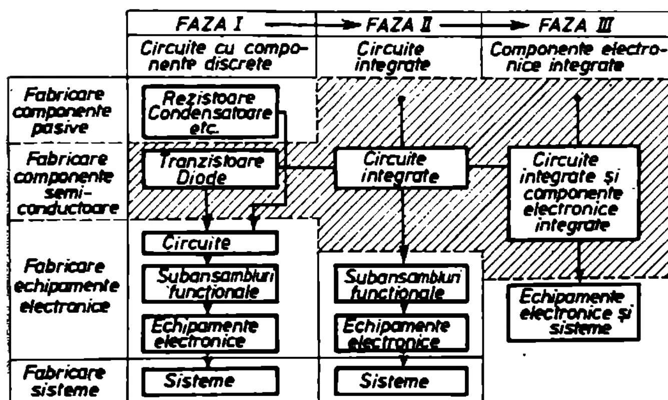


Fig. 1. Structura legăturilor în industria electronică actuală.

Organizarea tradițională a industriei electronice cu componente discrete comportă fabricarea și aprovizionarea de componente, proiectarea de circuite și fabricarea de echipamente electronice complete ce incorporează circuitele proiectate, precum și fabricarea sistemelor complexe.

Fabricarea componentelor semiconductoare sub formă de circuite integrate este înglobată în activitatea echipamentelor electronice, datorită complexității circuitelor integrate. Ca rezultat, divizarea activităților poate fi prezentată prin linia întreruptă în fig. 1, în care fabricarea

de componente semiconductoare crește gradat, cu folosirea lor în industrie, pe scară din ce în ce mai largă.

Fabricarea echipamentelor electronice cu circuite, în care dispozitivele și componentele sînt discrete, tinde să se rezume la produsele unicate, la care se cere proiectarea de circuite particulare.

Proiectarea echipamentelor cu circuite integrate se bazează, în cele mai multe cazuri, pe folosirea specificațiilor ce însoțesc circuitele integrate standard, la livrarea de către producător.

Pentru a avea un preț de cost scăzut și o fiabilitate ridicată, se recomandă ca nu numai fabricarea de echipamente electronice, dar și fabricarea de unicate să se bazeze pe combinarea circuitelor integrate standard. Aceeași eficiență se obține și prin utilizarea de tehnologii adecvate (tehnologie de grup) și elemente tipizate.

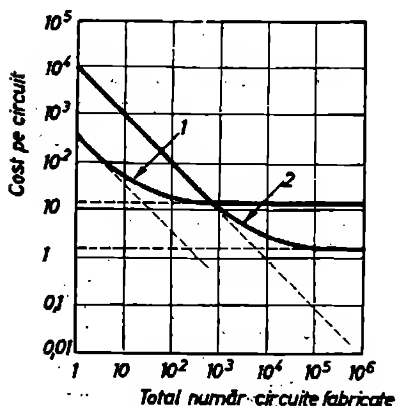


Fig. 2. Relația dintre prețul unui circuit și numărul total de circuite de același fel fabricate:

1 — costul total al unui circuit cu componente discrete; 2 — costul total al unui circuit integrat.

În fig. 2 [3] se estimează costurile corespunzătoare pentru subansambluri funcționale realizate prin tehnologia circuitelor integrate, în comparație cu costurile circuitelor imprimate realizate cu componente discrete echivalente funcțional. Se vede un avantaj semnificativ al costurilor circuitelor integrate față de costurile circuitelor cu componente discrete, dar numai cînd există o fabricație de serie mare a circuitelor integrate. Circuitele integrate reduc, însă, substanțial costul în fabricarea echipamentelor, deoarece un număr mai mic de unități separate sînt de asamblat pentru realizarea produsului final. Procurarea și inventarierea componentelor devine, de asemenea, mai puțin costisitoare.

În vederea transpunerii în practică a prevederilor Plenarei CC al PCR din 2—3 noiembrie 1976, care a aprobat programul de măsuri pentru aplicarea hotărîrilor Congresului al XI-lea al Partidului și ale Congresului educației politice și al culturii socialiste în domeniul ideologic și cultural educativ, pentru stimularea și promovarea creației științifice și tehnice proprii, s-a organizat între decembrie 1976 și decembrie 1977 „Mișcarea pentru stimularea participării maselor la activitatea de creștere științifică și tehnică". Scopul este de a dezvolta știința și tehnologia, de a introduce pe scară largă progresul tehnic în toate ramurile economiei naționale, în vederea realizării prevederilor cincinalului revoluției tehnico-științifice în țara noastră.

Pentru rezolvarea obiectivelor din planurile de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic, a planurilor tematice de invenții și inovații, a programelor unice de propagandă tehnică, a planurilor de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția, se vor avea în vedere cu prioritate următoarele direcții de acțiune:

— efectele științifice, economice și sociale ale aplicării soluțiilor propuse, exprimate în economii antecalculate sau postcalculate;

— valorificarea superioară a resurselor materiale, introducerea pe scară largă a înlocuitorilor;

— valorificarea superioară a resurselor de materii prime indigene, explorarea și punerea în valoare a unor noi resurse naturale, în scopul diminuării importului;

— identificarea și valorificarea de noi surse energetice și raționalizarea consumurilor specifice energetice;

— valorificarea deșeurilor și subproduselor tehnologice, a resurselor energetice secundare, în scopul creșterii eficienței economice și a evitării poluării mediului ambiant;

— crearea de noi materiale și înlocuitori pentru substituirea unor materiale scumpe și deficitare;

— perfecționarea tehnologiilor existente, elaborarea de noi tehnologii, care să conducă la reducerea substanțială a consumurilor specifice de materii prime, materiale (îndeosebi metal, lemn), combustibil și energie;

— studierea extinderii tipizării produselor, subansamblelor, materialelor, în scopul reducerii consumurilor de materiale și al îmbunătățirii parametrilor tehnico-funcționali;

— crearea de noi produse: de noi tipuri de mașini cu înalt randament, instalații, aparate de măsurat și control, sisteme de automatizare, la nivelul tehnicii mondiale;

— reducerea efortului valutar prin crearea în țară a unor instalații, subansamble și piese care se importă (reducerea importului și dezvoltarea licențelor achiziționate) prin:

— valorificarea activității creatoare a oamenilor muncii, folosirea deplină a creației științifice și tehnologice, în scopul asigurării prin forțe proprii a necesarului de materiale, mașini, utilaje, instalații, subansamble, piese de schimb, tehnologii;

— valorificarea și diversificarea licențelor achiziționate a tehnologiilor și instalațiilor originale, în scopul reducerii efortului valutar și creșterii eficienței economice a acestora;

— dezvoltarea activității de autoutilare, mecanizare și automatizare;

— organizarea superioară a producției și a muncii prin introducerea metodelor moderne de organizare, în mod deosebit în domeniul programării și urmăririi fabricației, perfecționării fluxurilor de fabricație, organizării raționale a transporturilor interne;

— organizarea unui sistem rațional de întreținere și reparații a utilajelor, instalațiilor și agregatelor;

— conlucrarea cu cabinetele teritoriale de organizare și centrele teritoriale de calcul electronic, în scopul găsirii unor soluții optime pe linia organizării științifice a producției și a muncii;

— îmbunătățirea calității și a performanțelor tehnico-economice a produselor;

— îmbunătățirea condițiilor de muncă și de viață.

Ca o concluzie a tuturor acestor măsuri, efortul creator va fi orientat în mod deosebit spre:

— creșterea productivității muncii și reducerea efortului fizic;

— îmbunătățirea calității, fiabilității și performanțelor tehnico-funcționale a produselor, în scopul creșterii competitivității lor la export;

— lărgirea gamei de produse destinate exportului;

— creșterea calitativă a transporturilor și depozitării materialelor prin extinderea tehnologiilor avansate (pacjetizare, paletizare, conteinerizare și transconteinerizare);

— aplicarea soluțiilor constructive și arhitecturale, în scopul sistematizării și urbanizării, în funcție de particularitățile și tradițiile locale;

— reducerea cheltuielilor materiale de producție.

Este necesar în acest scop să se folosească toate formele și mijloacele de popularizare a obiectivelor și realizărilor, organizate de schimburi de opinii și experiență pe baza unor discuții pluridisciplinare, în scopul promovării progresului tehnic în ramură avînd în vedere cele mai noi realizări obținute pe plan mondial.

Scopul acestei lucrări este de a prezenta principalele construcții și tehnologii utilizate în industria aparaturii electronice și radioelectronice din țară și de pe plan mondial, deoarece comportamentul creator se poate dobîndi și dezvolta prin instruire.

Sînt prezentate în carte probleme de construcție și tehnologie a aparaturii radioelectronice, specifice cursului, dar și probleme de construcție a aparaturii electronice profesionale, elemente necesare pentru autodotarea laboratoarelor de încercări și a locurilor de muncă din linia tehnologică, cu aparatură profesională de măsurat, reglare și control.

Capitolul 1

PROBLEME GENERALE DE CONSTRUCȚIA ȘI TEHNOLOGIA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

1.1. DEFINIȚII. STANDARDE. CLASIFICĂRI

1.1.1. TERMENI REFERITORI LA ECHIPAMENT ELECTRONIC

Piesa elementară este piesa realizată printr-o operație sau mai multe operații din același tip de material, cu posibilitatea de a fi tratată sau acoperită cu scop decorativ sau de protecție. Exemple: șurub, piuliță, capsă, cosă etc.

Piesa combinată sau subansamblul nefuncțional este un ansamblu de piese elementare îmbinate în majoritatea cazurilor prin legături nedemontabile. Exemple: regletă cu contacte, pachet de tole etc.

Subansamblul funcțional este o piesă combinată cu rol funcțional. Exemple: transformatorul, rezistorul, condensatorul, potențiometrul etc.

Aparatul este o combinație de una sau mai multe piese elementare, una sau mai multe piese combinate, unul sau mai multe subansambluri funcționale, care are o funcție independentă. Exemple: oscilatorul, generatorul de radiofrecvență, radioul receptor, receptorul TV etc.

Instalația electronică conține cel puțin un aparat și una sau mai multe piese elementare, una sau mai multe piese combinate, unul sau mai multe subansambluri funcționale. Exemple: instalația de emisie, instalația de recepție etc.

Echipamentul electronic este denumirea atribuită fie aparatului electronic cu funcții complexe fie instalației electronice.

Aparatul de măsurat electronic este aparatul, care, cu ajutorul dispozitivelor electronice incorporate, servește la măsurarea sau observarea mărimilor sau care furnizează mărimi electrice pentru măsurare; dispozitivele electronice sînt elemente sau ansamble de elemente care utilizează conducția prin electroni sau goluri în semiconductoare, gaze sau vid.

Aparatul auxiliar este aparatul care este utilizat pentru măsurare, dar care nu este un aparat de măsurat propriu-zis. Exemple: divizor de frecvență, amplificator de măsură etc.

Aparatul de alimentare este aparatul care primește energie de la o sursă de alimentare electrică, în general rețeaua, și o distribuie sub o formă modificată unuia sau mai multor aparate.

Aparatul fix este aparatul destinat să rămînă fixat în permanență pe un suport.

Aparatul portabil este aparatul construit special pentru a fi purtat în mînă fără dificultate.

1.1.2. TERMENI REFERITORI LA ELEMENTE ŞI ACCESORII

Dispozitivul de conexiune exterioară este partea de aparat destinată să asigure o legătură cu conductoarele exterioare sau cu alte aparate; acesta poate avea mai multe contacte.

Borna de pămînt de măsură este borna legată direct la un punct al circuitului de măsurare sau de comandă sau la o piesă utilizată ca ecran, destinată a fi pusă la pămînt în scopul măsurării. În cazul aparatelor ce nu sînt aparate de măsurat, această bornă este denumită în mod obişnuit bornă de pămînt funcţională.

Borna de pămînt de protecţie este borna conectată la părţile conductoare din aparat în scopul securităţii. Această bornă este destinată a fi legată la un sistem de protecţie exterior.





Fig. 3. Bornă de pămînt de măsură (legare la masă) (*a*); bornă de pămînt de protecţie (legare la pămînt) (*b*), (simboluri).

Limitatorul de temperatură este dispozitivul destinat să împiedice menţinerea temperaturilor excesive în unele părţi ale aparatului prin întreruperea alimentării acestor părţi.

Întreruptorul de securitate este dispozitivul destinat să întrerupă alimentarea aparatului dacă devin accesibile părţi periculoase la atingere.

Dispozitivul de comandă la distanţă este dispozitivul destinat să acţioneze un aparat la distanţă.

Sertarul este partea amovibilă a unui aparat ce poate fi conectată cu ajutorul prizelor şi fişelor, destinată să îndeplinească o funcţie particulară sau să permită un tip anumit de măsurare.

1.1.3. TERMENI REFERITORI LA CONSTRUCŢIE

Distanţa în aer este cea mai scurtă distanţă, măsurată în aer între două părţi conductoare.

Linia de fugă este cea mai scurtă distanţă măsurată pe suprafaţa izolantului, între două părţi conductoare.

Manual precizează că manevra nu necesită utilizarea unei scule moderne sau a oricărui alt obiect.

Tehnologia construcţiei este reprezentată de proiectul constructiv-funcţional, care conţine: normele interne de produs, desenele tuturor pieselor şi subansamblurilor, precum şi desenul de ansamblu. Pe desene trebuie precizat materialul fiecărui detaliu, şi numărul STAS ce defineşte caracteristicile materialului respectiv. În cazul în care nu există STAS, trebuie întocmită normă specială pentru fiecare material. Desenul trebuie să cuprindă atîtea vederi şi atîtea secţiuni încît procesul de producţie să poată fi executat. Fiecare desen trebuie prevăzut cu un cod de fabricaţie.

Pe baza documentaţiei de proiectare constructivă se elaborează documentaţia tehnologică.

Tehnologia de fabricație cuprinde fișele tehnologice, extrasul de materiale, temele de proiectare pentru utilajele nestandardizate.

Procesul de producție cuprinde obținerea semifabricatelor, formele de prelucrare a semifabricatelor, controlul tehnic al calității în toate stadiile de producție, transportul semifabricatelor, a componentelor și a produselor, asamblarea, reglarea, ambalarea și expedierea.

Procesul tehnologic de asamblare reprezintă o parte a procesului de producție legată nemijlocit de asamblarea pieselor și componentelor electronice în subansambluri, ansambluri și apoi în produsul final.

Procesul tehnologic de prelucrare sau procesul tehnologic de asamblare se execută la diferite locuri de muncă.

Locul de muncă este acea parte din suprafața de producție care este amenajată cu utilajul ce corespunde lucrului efectuat.

Operația este acea parte a procesului tehnologic care se execută la un loc de muncă și care cuprinde toate acțiunile utilajului și ale muncitorului sau ale unui grup de muncitori, pentru prelucrarea, asamblarea piesei, componentei sau ansamblului respectiv sau reglarea.

O operație poate fi constituită dintr-o fază sau mai multe faze. Pentru efectuarea unei operații se consumă o cantitate de muncă din partea muncitorului. Consumul de muncă se măsoară în timp.

Volumul de muncă (manopera) este timpul consumat de muncitor pentru executarea unui proces tehnologic sau a unei părți din procesul tehnologic. Volumul de muncă efectiv este timpul real consumat pentru efectuarea lucrului. Volumul de muncă calculat sau normat este timpul în care trebuie să se execute lucrul respectiv. Unitatea de măsură pentru volumul de muncă se numește [om-oră].

Volumul de mașină este timpul efectiv consumat pentru efectuarea anumitor prelucrări sau operații pe mașina respectivă. De asemenea, se poate defini volumul de mașină calculat. Unitatea de măsură este [mașină-oră].

Pentru normarea muncii și pentru planificarea producției se folosește norma tehnică de timp. Pe baza normării muncii se face și calculul manoperei în costul de fabricație al produsului respectiv.

Fiecare operație de prelucrare, asamblare, reglaj se execută într-un anumit timp calendaristic.

Ciclul este intervalul de timp calendaristic măsurat de la începutul operațiilor și pînă în momentul în care ele se repetă pentru o nouă piesă, subansamblu sau produs. Ciclul este utilizat pentru a defini timpul de prelucrare, asamblare, reglare în producția de serie și producția de masă.

Durata procesului tehnologic este intervalul calendaristic măsurat de la începutul și pînă la sfîrșitul procesului tehnologic de prelucrare, asamblare sau reglare, în cazul producției de unicate.

Prin *program* sau *plan de producție* se înțelege cantitatea de produse (aparate electronice) care urmează a se fabrica.

Mărimea seriei este definită de cantitatea de aparate ce urmează a se fabrica după aceeași documentație constructivă. Toate produsele fabricate după o documentație constructivă sînt simbolizate cu aceleași inițiale. Dacă se trece la o nouă construcție, se schimbă și inițialele seriei.

Ritmul sau *tactul de fabricație* sau de livrare este intervalul de timp după care periodic are loc livrarea unui subansamblu funcțional sau al unui produs.

Lotul este cantitatea de piese, de subansambluri funcționale sau de aparate electronice de același fel lansate odată pe o linie tehnologică.

1.1.5. CLASIFICAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Clasificarea echipamentelor electronice după destinație:

— echipamente electronice de uz profesional (aparate electronice de măsurare, aparate pentru electronică industrială, aparate electronice pentru medicină, echipamente de radiocomunicații) sînt aparate cu caracteristici tehnice și constructive superioare;

— echipamente electronice de uz general (radioreceptoare, receptoare TV, magnetofoane, pick-up-uri, calculatoare de birou, calculatoare de buzunar etc.) sînt aparate necesare marelui public.

Clasificarea echipamentelor electronice după felul producției:

— serie mică — (aparatura specială, de cercetare, instalațiile complexe);

— serie medie — (aparatura de laborator pentru întreținere „service", aparatura de uz medical);

— serie mare sau producție de masă — (aparatura de uz general).

1.1.6. CLASIFICAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE PRIVIND SECURITATEA

Aparatele și instalațiile electronice trebuie să fie proiectate și construite astfel, încît în condițiile unei exploatări normale, în conformitate cu instrucțiunile de folosire elaborate de producător, să fie sigure în funcționare (fiabile), să nu prezinte nici un pericol pentru cei ce se servesc de ele, precum și pentru cei din jur și să fie ele însele protejate împotriva unui pericol din afară. Prin pericol se înțelege aprinderea aparatului sau a obiectelor din jurul lui, spargerea sau explozia aparatului, desprinderea sau căderea în afară a unor părți din el, așchii, scîntei sau apariția posibilității de atingere a unor părți, care se găsesc sub tensiune periculoasă pentru viața omului. În cazul unei exploatări neglijente sau incorecte a aparatelor, trebuie să fie asigurată protecția electrică și mecanică pentru personalul de servire și pentru obiectele din împrejurimi.

Avînd în vedere securitatea, construcția echipamentelor electronice este standardizată în trei clase de protecție (STAS 10.327-1976).

Aparatul de clasa I de protecție este aparatul care are cel puțin o izolație funcțională și o bornă sau un contact pentru punere la pămînt de protecție. Dacă aparatul este prevăzut a fi alimentat cu ajutorul unui cablu flexibil, el este echipat fie cu un conector „tată" cu contact de pămînt, fie cu un cablu flexibil nedetașabil conținînd un conductor de protecție și echipat cu o fișă cu contact de punere la pămînt (schuko) (fig. 4).

Prin izolație funcțională se înțelege izolația care asigură funcționarea echipamentului și protecția de bază împotriva șocurilor electrice.

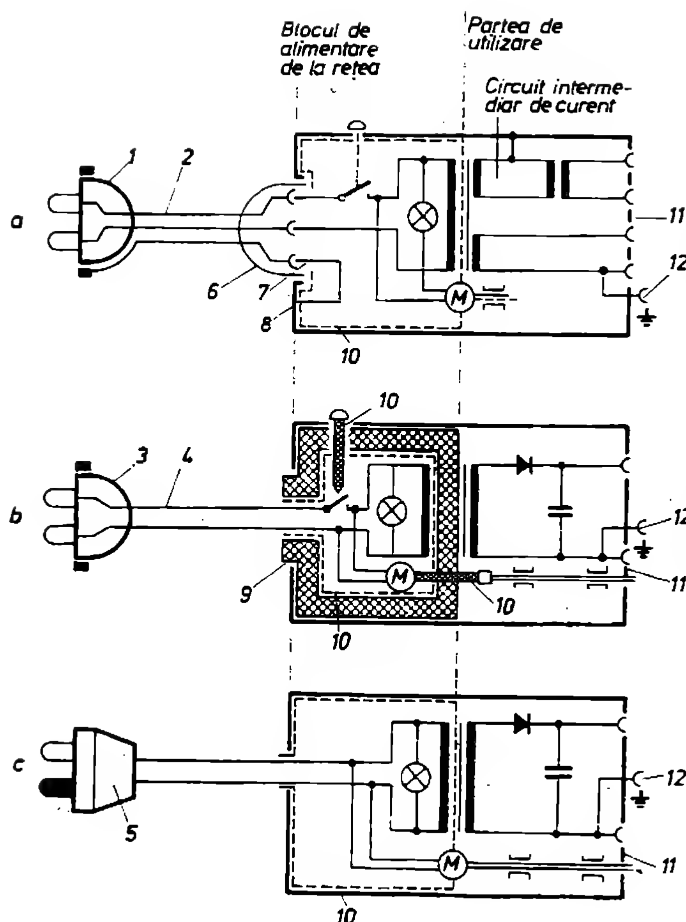


Fig. 4. Aparat de clasa I de protecție (*a*), aparat de clasa II de protecție (*b*) și aparat de clasa III de protecție (*c*):

1 — fișă de contact de protecție; *2* — conductă de racordare pentru alimentarea aparatului, care se poate desface de aparat fără scule; *3* — fișă bipolară; *4* — conductă de racordare fixă pentru alimentarea aparatului; *5* — conexiune cu fișă specială pentru aparatele de clasa III de protecție, necesară pentru alimentarea cu tensiune redusă (24 V); *6* — priză de aparat; *7* — fișă de aparat; *8* — locul de conectare a conductorului de protecție; *9* — izolație suplimentară (de protecție) la aparatele de clasa II de protecție; *10* — izolație de bază; *11* — carcasă (casetă, părți metalice tangibile); *12* — bornă pentru pămînt de lucru.

Aparatul de clasa a II-a de protecție este aparatul care nu comportă nici un aranjament pentru punere la pămînt de protecție, dar care este construit într-una din modalitățile următoare:

a. *izolație dublă și/sau izolație întărită în totalitatea construcției,* aparatul putînd fi de unul din tipurile următoare:

a_1 — aparat în care o casetă rezistentă și practic continuă din material izolant închide toate părțile conductoare, cu excepția unor mici piese ca: plăcuțe semnalizatoare, șuruburi sau nituri, care sînt separate de părțile periculoase la atingere printr-o izolație cel puțin echivalentă cu izolația întărită — un astfel de aparat este numit aparat de clasa II de protecție cu carcasă izolantă;

a_2 — aparat în care carcasa metalică practic continuă are izolație dublă utilizată în toată construcția, cu excepția părților la care se folosește izolația întărită — aparat de clasa II de protecție cu carcasă metalică;

a_3 — aparat ce reprezintă o combinație între tipurile a_1 și a_2.

b. *izolație dublă și/sau izolație întărită în toate locurile posibile,* iar acolo unde nu este posibil se folosește o impedanță de protecție între părțile conductoare

accesibile sau circuitele insuficient izolate şi părţile circuitului de alimentare şi celelalte părţi periculoase la atingere care ar putea duce la un şoc electric în cazul unui defect. Utilizarea unei impedanţe de protecţie este aplicabilă numai acelor aparate a căror funcţionare corectă este incompatibilă cu tipul de construcţie al clasei I de protecţie. Dacă un aparat este echipat cu o bornă sau un contact pentru punere la pămînt de protecţie, el este considerat de clasa I de protecţie, chiar dacă construcţia sa în ansamblu satisface principiile aplicabile clasei a II-a de protecţie.

Aparatul de clasa a III-a de protecţie este aparatul prevăzut să fie alimentat prin circuite cu tensiune foarte joasă de securitate şi care nu are nici un circuit, intern sau extern, care să funcţioneze cu tensiuni superioare limitelor tensiunii foarte joase.

Pentru securitatea şi protejarea împotriva atingerii unor puncte la tensiuni prea mari, aparatele se execută într-una din cele trei clase de protecţie prezentate. Părţile care se află sub tensiune trebuie să fie protejate împotriva atingerii indirecte sau directe. Lăcuirea, emailarea, oxidarea etc. părţilor metalice, precum şi utilizarea maselor de turnare care, la temperaturile ce pot fi atinse în timpul funcţionării, se înmoaie, nu sînt suficiente pentru protejarea împotriva atingerii. Învelişurile, care după îndepărtare ar permite atingerea părţilor aflate sub tensiune, sau părţile cu izolaţie de bază la aparatele şi utilajele de clasa a II-a de protecţie, trebuie să nu poată fi îndepărtate decît cu ajutorul sculelor.

Axele organelor de comandă (mînere, butoane simple, butoane rotative etc.) trebuie să nu se afle sub tensiune. La aparatele de clasa I de protecţie, organele de comandă trebuie să fie executate din material izolant atunci cînd axul sau armătura se pot afla, în cazul unei defecţiuni de izolaţie, sub tensiune mai mare de 24 V. Această condiţie nu se aplică organelor de comandă ale mecanismelor de comutare sau de reglare neelectrice care sînt legate cu conductorul de protecţie sau sînt separate de părţile care stau sub tensiune prin piese metalice legate la conductorul de protecţie.

Organele de acţionare trebuie să fie întărite astfel încît la o utilizare corespunzătoare să nu poată fi scoase.

Între blocul de alimentare, pe de o parte, şi blocul de utilizare şi părţile metalice tangibile, pe de altă parte, trebuie să nu apară nici o legătură conductoare (galvanică). Ambele blocuri trebuie să fie separate unul de celălalt, astfel încît să fie îndeplinită această condiţie, chiar la deteriorarea elementelor active de circuit sau la întreruperea conexiunilor. Dacă aparatul cuprinde părţi ce sînt supuse uzurii, această condiţie trebuie respectată şi după uzarea acestor părţi.

La aparatele de clasa II-a de protecţie nu se admite conectarea condensatoarelor între circuitul de reţea şi părţile metalice accesibile atingerii.

Părţile mobile ale aparatelor trebuie să fie protejate împotriva atingerii încît să nu pună în pericol pe cel care le foloseşte.

Aparatul de control al temperaturii şi dispozitivul de protecţie contra suprasarcinii trebuie să nu poată fi utilizat atunci cînd reconectarea lor poate constitui un pericol pentru utilizator.

Aparatele care au utilizarea normală pe pardosea, sau pe masă şi care prin răsturnare constituie un pericol pentru cei din jur, trebuie să aibă stabilitate suficientă.

Aparatele la care pot apărea presiuni mari sau presiuni mici în interiorul lor, trebuie prevăzute cu protecţie contra exploziilor.

1.1.7. STANDARDE

Comitetul Electrotehnic Internaţional elaborează norme internaţionale de clasificare, terminologie, norme de protecţie şi securitate, reguli şi metode pentru verificarea calităţii. Ţara noastră este afiliată lucrărilor Comitetului Electrotehnic Internaţional.

Începînd din anul 1975 standardele din R.S.R. sînt clasificate pe baza unui sistem alfa numeric îmbunătăţit. Domeniile de standardizare (sectoarele) sînt notate cu cîte o literă. Sectoarele sînt împărţite în grupe notate cu cîte o cifră (de la 0 pînă la 9). Grupele se împart în subgrupe notate, de asemenea, cu cîte o cifră (de 1 la 0 la 9). De exemplu, grupa F — energetică şi electrotehnică are, pe lîngă alte subrgrupe, şi cele date mai jos, interesante din punctul nostru de vedere:

F 3 Materiale electrotehnice
F 30 Generalităţi
F 31 Conductoare neizolate
F 32 Cabluri, conducte şi conductoare de bobinaj
F 33 Izolatoare
F 34 Materiale izolante
F 35 Tuburi izolante şi de protecţie
F 36 Materiale magnetice
F 37 Cărbuni pentru perii şi electrozi
F 39 Diverse
F 7 Electrocomunicaţii şi electronică
F 70 Generalităţi. Aici intră, de exemplu:

6048/1-71. Perturbaţii radioelectronice. Surse de perturbaţii radioelectronice. Condiţii generale şi metode de încercare

6048/3-71. Instalaţii de telecomunicaţii prin fir. Limite admisibile ale perturbaţiilor şi condiţii speciale de încercare

6048/6-71. Aparate şi instalaţii generatoare de înaltă frecvenţă de uz industrial, ştiinţific şi medical. Limite admisibile şi condiţii speciale de încercare

6048/9-71. Radioreceptoare şi receptoare de televiziune. Limite admisibile ale perturbaţiilor şi condiţii speciale de încercare

9483-73. Simboluri literale pentru telecomunicaţii şi electronică
9365-73 Surse de alimentare stabilizate. Terminologie
6361/1-71 Radiodifuziune. Terminologie
6361/2-71 Radiodifuziune sonoră. Terminologie
6361/3-71 Radiodifuziune vizuală. Terminologie

8766-70 Receptoare de radiodifuziune şi receptoare de televiziune. Fiabilitate. Prescripţii

F 71 Reţele de telecomunicaţii
F 72 Aparate şi materiale pentru telefon şi telegraf
F 73 Semnalizări
F 74 Radiotehnică-electronică

7773-74 Aparate electroacustice. Microfoane. Clasificare
7155-74 Cablaje imprimate. Dimensiuni

9337-73 Componente și subansamble pentru aparatura radioelectronică. Reguli pentru prezentarea datelor de fiabilitate

9429-73 Comutatoare rotative. Metode de încercare
7060-69 Difuzoare electrodinamice. Clasificare. Terminologie

6550-71 Elemente de aparatură radiotehnică. Capetele axelor de comandă. Tipuri constructive și dimensiuni principale

9174-73 Emițătoare radio. Frecvență, putere de ieșire, putere absorbită

9379-74 Perturbații radioelectrice. Conductoare, bobine de șoc, rezistoare și filtre utilizate pentru antiparazitarea radiotehnică

10226-75 Dispozitive pentru antiparazitare radioelectrică

7410-73 Plăci stratificate placate cu folie de cupru pentru circuite și cablaje imprimate. Metode de încercare

4261-71 Radioreceptoare; ansamble și piese componente
7939-72 Radioreceptoare cu MA sau MF. Metode de încercare
F 75 Televiziune
8803/1-73 Conectoare pentru radiofrecvență

7943-72 Televiziune. Metode de încercare electrice, optice și acustice
F 79 Diverse

Un alt exemplu este grupa L = industria chimică
L5 Materiale plastice
L50 Generalități
L51 Metode de analiză și încercări
L52 Materiale termoplastice
L53 Materiale termorigide
7136-75 Amestec de formare formofenolic
7505-66 Materiale plastice melamin-formoaldehidice
L54 Produse fabricate din materiale termoplastice
L55 Produse fabricate din materiale termorigide
L59 Diverse

O grupă ce prezintă un interes deosebit din punctul nostru de vedere este grupa P = Mijloace de măsurare

P 0 Generalități
P 01 Terminologie și clasificare
P 02 Caracteristici constructive și metrologie
P 03 Subansambluri și repere tipizate
P 04 Dispozitive de afișare a valorilor numerice ale mărimilor de măsurat
P 05 Condiții, metode și mijloace de încercare

10059-75 Aparate electronice de măsurat. Determinarea și modul de exprimare a erorilor

10060-75 Condiții climatice de încercare
10327-75 Prescripții de securitate
P 09 Diverse
P 7 Mijloace de măsurare a mărimilor caracteristice acustice
P 70 Generalități
P 71 Mijloace de măsurare a presiunii acustice
P 72 Mijloace de măsurare a vitezei și accelerației acustice

P 73 Mijloace de măsurare a puterii și intensității acustice
P 74 Mijloace de măsurare a impedanței acustice și mecanice
P 75 Mijloace de măsurare a nivelului de putere și presiune acustică
P 76 Mijloace de măsurare a tăriei acustice
P 79 Diverse.

1.2. METODOLOGIA TEHNOLOGICĂ DE FABRICAȚIE

Pentru aparatura electronică și radioelectronică se aplică Ordinul M.I.C.M. nr. 130/1971 privind instrucțiunile metodologice ale planului de introducere a progresului tehnic și îmbunătățire a calității producției.

Scopul instrucțiunilor este:

— scurtarea ciclului cercetare-proiect-asimilare în producție;

— delimitarea sarcinilor fiecărui compartiment, stabilirea modului de colaborare;

— precizarea colaborării cu întreprinderea beneficiară.

Metodologia de elaborare a proiectului de plan departamental este similară cu cea a planului de stat și se referă în principal la lucrările ce se prevăd pentru asimilarea de produse noi, diversificarea producției curente, modernizarea produselor în fabricație, ridicarea nivelului tehnico-economic al fabricației și mărirea gradului de integrare a produselor.

La nivelul unităților cu statut de centrală, planul tehnic departamental se defalcă și se urmărește pe toate fazele înscrise în plan, care, de regulă sînt: Studiul Tehnico-Economic, Proiect Tehnic, Documentație, Execuție, Prototip (model experimental), Prototip Omologat, Pregătirea fabricației, inclusiv omologarea seriei zero.

Activitățile de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică sînt finanțate din fondul Tehnică Nouă (TN) și cuprind fazele:

— proiect: studiu de laborator
model experimental
documentația de bază

— prototip

— omologarea prototip

— activități de asimilare a produselor în fabricație de serie: pregătirea fabricației și punerea în fabricație

Alte activități de cercetare sînt studii privind:

— cercetări fundamentale;
— aplicarea cuceririlor științei în tehnică;
— procedee tehnologice noi;
— design și marketing;
— tipizare și standardizare.

Sarcinile de asimilare a produselor noi se consideră îndeplinite numai odată cu primul lot de produse pus în fabricație, în graficele de urmărire și în rapoartele de realizare, urmînd a se reflecta direct atingerea acestui obiectiv.

În fig. 5 se prezintă etapele principale de introducere în fabricație a unui produs nou.

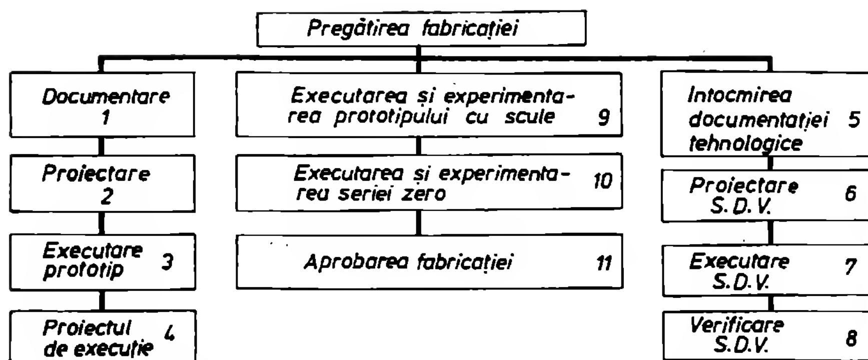


Fig. 5. Etapele metodologiei tehnologice de fabricație a unui produs nou.

1.2.1. STUDIUL TEHNICO-ECONOMIC

Studiul tehnico-economic cuprinde toate lucrările de informare asupra produselor similare, bazelor teoretice, tehnologice și economice ale introducerii în fabricație a produsului nou ce se propune, cerințele beneficiarului.

Studiul tehnico-economic de fundamentare a asimilării de produse are drept scop fundamentarea tehnică și economică a:

— asimilării pe bază de concepție proprie a produselor și tehnologiilor noi;
— modernizării celor existente în fabricație;
— asimilării în fabricația de serie a unor produse pe bază de licență.

STE determină eficiența economică a asimilării și stabilește nivelul tehnic și programul de cercetare și de pregătire a fabricației.

STE conține patru anexe:

— tema program de cercetare;
— devizul estimativ al cheltuielilor de cercetare;
— fișa indicatorilor economici ce trebuie realizați;
— fișa sintetică de criterii și nivele de calitate.

Norma de conținut pentru STE de fundamentare a asimilării de produse noi prin cercetare proprie răspunde la următoarele probleme:

I. **Introducere:**

Obiectul studiului:

— denumirea produsului;
— destinația și domeniul de utilizare;
— condiții nominale de utilizare în exploatare;
— caracteristici tehnice constructive și funcționale ale aparatului.

Baza de elaborare a lucrării (contract, beneficiar, comandă internă).

Necesitatea studiului:

— necesarul de produse din sondaje și prognoze;
— principalii înlocuitori (interni și externi).

II. **Analiza pentru determinarea tipului de produs:**

Situația pe plan mondial:

— realizări în Vest;
— realizări în Est și specializări în cadrul CAER;

— recomandări ale unor organizaţii internaţionale (CEI, ISO, CAER etc.);
— prevederi ale unor standarde naţionale din ţări dezvoltate;
— studiul brevetelor.

Situaţia în ţară:
— realizări similare pînă în prezent;
— situaţia realizărilor din ţară faţă de nivelul actual.

Stabilirea tipului de produs:
— descrierea principiului de funcţionare;
— analiza comparativă a produsului propus spre asimilare faţă de modele de referinţă pe baza fişei sintetice de criterii şi nivele de calitate;
— descrierea variantei sau variantelor constructive alese;
— situaţia variantei constructive alese faţă de soluţiile deja brevetate;
— modul de rezolvare al normelor de tehnica securităţii muncii.

III. Analiza modului de asimilare a produsului

Cercetarea pentru elaborarea produsului şi eficienţa acesteia:
— împărţirea pe subteme şi stabilirea condiţiilor tehnice pentru fiecare subtemă;
— necesarul de aparatură de laborator, pe subteme şi total, specificaţiile tehnice ale acestora, furnizori, costuri;
— stabilirea platformelor de încercare; caracteristici tehnice, costuri de proiectare şi realizare, termene de realizare;
— consideraţii privind modul de achiziţionare al materialelor şi pieselor pentru fazele de cercetare, ţară şi import, cantităţi şi valori;
— colaborări necesare în cercetare;
— modele de referinţă necesare (se va menţiona modelul agreat din fişa sintetică de criterii şi nivele de calitate);
— specializări în vederea cercetării;
— devizul estimativ al cheltuielilor de cercetare;
— planul calendaristic şi de cheltuieli al cercetării, pregătirii fabricaţiei şi al fabricaţiei.

Analiza licenţelor, dacă este cazul:
— modul şi studiul de prospectare pentru licenţe;
— firme licenţiare şi costuri de licenţe;
— coeficientul eficienţei economice a cheltuielilor pentru licenţă, E_{a2}:

$$E_{a_2} = \frac{U_a}{C_1 + C_{p1} + C_a},$$

unde U_a este suma efectelor de aplicare a rezultatelor cercetării;
C_1 — cheltuieli pentru achiziţionare de licenţă;
C_{p1} — cheltuieli pentru prelucrarea licenţei;
C_a — cheltuieli de aplicare a rezultatelor cercetării.

Concluzii asupra modului de asimilare.

IV. Asigurarea fabricaţiei

Centrala industrială şi întreprinderea.

Consideraţii asupra adaptării tehnologiei de fabricaţie la tehnologiile specifice produsului.

Consideraţii privind lucrările de investiţii necesare asimilării în fabricaţie a produsului, inclusiv standurile de probă (lucrări de construcţie, montaj, utilaje, diverse soluţii de rezolvare şi sursa de finanţare).

Colaborările din țară necesare asimilării în fabricație a elementelor componente ale produsului (sub aceeași centrală, sau alte centrale ale MICM).

Condiții pentru asigurarea calității și fiabilității produsului. Se prezintă propuneri de dotare cu utilaje, aparatură și standuri de încercări pentru asigurarea performanțelor, calității și fiabilității produsului pe timpul fabricației de serie, inclusiv pentru verificarea de tip a acesteia.

V. Estimarea prețului de cost și de vînzare al produsului propus

1. *Materii, materiale și alte cheltuieli:*
   — cost materii prime și materiale directe;
   — cost produse, semifabricate și servicii ale întreprinderilor în cooperare;
   — valoarea semifabricatelor din producția proprie;
   — se scade valoarea deșeurilor recuperabile.
2. *Cheltuieli speciale de fabricație:*
   SDV specifice, care se repartizează pe numărul de produse din 2 ani de fabricație.
3. *Manopera sau salariile directe:* estimarea se face pe baza analizei modelelor de referință sau produselor similare ca complexitate din cadrul întreprinderii unde urmează să intre produsul în producție.
4. *Regia de fabricație* R_m (% din 3 corespunzător întreprinderii),
5. *Regia generală* R_g (% din $1 + 2 + 3 + 4$),
6. *Total preț de cost întreprindere* $P_{ci} = 1 + 2 + 3 + 4 + R_g$,
7. *Cota aferentă cheltuielilor de desfacere* $\% P_{ci}$,
8. *Cota aferentă constituirii de tehnică nouă* $\% P_{ci}$,
9. *Preț de cost complet comercial* $P_{cc} = P_{ci} + 7 + 8$,
10. *Beneficii* % din 9.
11. *Cheltuieli de service* % din $9 + 10$,
12. *Preț de vînzare* $P_v = 9 + 10 + 11$.

Ceea ce interesează în mod deosebit pe utilizatorul echipamentului electronic, în afară de prețul de vînzare al produsului, este prețul de exploatare.

Prețul de exploatare depinde de:

— timpul în care echipamentul electronic rezolvă din punct de vedere tehnic problemele pentru care produsul este cumpărat;
— energie consumată;
— consumul de materiale auxiliare;
— calificarea personalului de deservire a echipamentului.

Toate acestea trebuie estimate de la început, pe cît posibil apropiat de realitate, pentru a se concluziona asupra rentabilității tehnice și economice a fabricării produsului.

VI. Analiza indicatorilor economici

Producția pe ani în perioada de viață economică a produsului (considerată de 5 ani)

anul	1978	1979	1980	1981	1982	Total	perioadă
bucăți	..	..	..	..	..	..	..
valoarea (mii lei)	..	..	..	..	..	..	..

Cheltuieli de asimilare a produsului sau tehnologiei:

— estimarea cheltuielilor de cercetare C_c;
— estimarea cheltuielilor de aplicare a rezultatelor cercetării C_a;

— estimarea cheltuielilor pentru achiziționarea și prelucrarea licențelor dacă este cazul.

— *Suma efectelor economice parțiale* însumabile ca asimilări suplimentare U_a, pe durata de viață economică a rezultatelor cercetării.

— *Efecte nete A:* exprimă beneficiul „produsului științei" și se determină ca diferența între suma efectelor economice parțiale însumabile ca acumulări suplimentare și suma cheltuielilor pentru cercetare, inclusiv pentru aplicarea acesteia:

$$A = U_a - (C_c + C_a).$$

— *Coeficientul eficienței economice a cercetării științifice* E_{a1}: exprimă rentabilitatea „produsului științei" în lei efecte/leu cheltuit și este egală cu suma efectelor economice parțiale însumabile ca acumulări suplimentare pe durata de viață economică a rezultatelor cercetării și suma cheltuielilor pentru cercetare, inclusiv pentru aplicarea acesteia:

$$E_{a_1} = \frac{U_a}{C_c + C_a}$$

— *Timpul de recuperare a cheltuielilor de asimilare* T_r: reprezintă timpul în care se vor restitui societății sub formă de acumulări mijloacele bănești folosite pentru cercetarea, inclusiv pentru aplicarea acesteia:

$$T_r = \frac{C_c + C_a}{\frac{U_a}{V}},$$

unde V reprezintă durata de viață economică a rezultatelor cercetării. De regulă, efectele vor fi calculate separat pentru fiecare an de viață economică a rezultatelor cercetării, iar efectele medii anuale se vor determina ca medie aritmetică ponderată.

— *Aportul valutar net în balanța de comerț exterior*, ce apare fie ca o reducere a importului, fie ca o creștere a exportului. Aportul valutar net se stabilește pe unitatea de produs, an mediu din perioada de viață economică a rezultatelor cercetării (produs sau tehnologie)

$$A_V = A_{V1} + A_{V2}$$

$$A_{V1} = (P_i - M_V - C_1)\, N_m,$$

unde A_{V1} reprezintă reducerea importului;

M_V — valoarea subansamblelor, pieselor, materialelor din import (lei valută/UM];

C_1 — cheltuieli pentru achiziționarea licenței [LV];

P_i — valoarea modelului de referință cu caracteristici apropiate de cele ale produsului propus [LV/UM];

N_m — cantitatea de producție medie anuală [UM/an];

A_{V2} — media aritmetică a valorii exportului de produse pe 5 ani considerați în STE ca fiind producție de serie; A_{V2} dă o creștere de export [mii LV/an].

Se calculează media aritmetică pe 5 ani de producție de serie.

— *Cursul de revenire brut:*

$$C_{rb} = \frac{P_{cc}}{P_i} \quad [\text{lei/LV}]$$

— *Gradul de integrare al materialelor din țară* și se calculează ca raport între valoarea materialelor din țară și valoarea totală a materialelor [%].

— *Gradul de utilizare al materialelor la întreprinderea producătoare* și reprezintă raportul dintre valoarea totală a materialelor și prețul de vînzare [%].

— *Prețul de vînzare specific* se calculează ca raportul între prețul de vînzare P_v și greutatea netă a produsului [lei/kg).

— *Raportul dintre prețul de vînzare P_v și manopera normată* [lei/oră].

— *Eficiența cheltuielilor de cercetare C_c* în raport cu valoarea producției prevăzută a se realiza în perioada de viață economică:

$$e = \frac{C_c}{NP_v} 100 < 10,$$

unde N este cantitatea de produse prevăzută a se fabrica în serie în perioada de viață economică.

— *Evaluarea cheltuielilor la utilizator* pentru exploatare, întreținere, depozitare și reparație. Posibilitatea asigurării condițiilor materiale de exploatare, întreținere, depozitare și reparații.

— *Concluzii privind eficiența economică a cercetării și asimilării,* concretizate în fișa indicatorilor economici.

VII. Concluzii finale

— *Modul de acoperire a necesarului de produse* import, asimilare pe bază de licență sau cercetare proprie, mixt, detaliat pe ani.

— *Oportunitatea asimilării în țară* a produsului sau tehnologiei:
- — eficiența economică a asimilării;
- — considerente și implicații de ordin tehnic și tehnologic;
- — se indică centrala industrială și întreprinderea producătoare.

— *Principalele efecte economice prevăzute a se obține.*

— *Propuneri privind introducerea temei de cercetare în planul de cercetare de stat* (S), *departamental* (D_1 sau D_2).

— *Concluzii pentru fazele următoare de cercetare:* programarea calendaristică, fonduri necesare pentru cercetare și dotare, personal ș.a.

— *Propuneri pentru colaborări și asigurarea mijloacelor materiale.*

Anexa nr. 1 cuprinde tema program de cercetare, care răspunde următoarelor probleme:
- — titlul problemei;
- — obiectul contractului;
- — motivarea apariției problemei și necesitatea cercetării;
- — caracteristici tehnice principale;
- — faze, valori, termene.

Anexa nr. 2 cuprinde devizul estimativ al cheltuielilor de cercetare și răspunde la problemele prezentate la capitolul respectiv în STE.

Anexa nr. 3 reprezintă fișa indicatorilor economici ce trebuie realizați.

Anexa nr. 4 este fișa sintetică de criterii și nivele de calitate. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească echipamentele electronice constituie de fapt criteriile ce trebuie avute în vedere la proiectare. Aceste condiții sînt foarte variate și depind de funcția și destinația aparatului, de puterea și precizia cerută, tehnologia de execuție, exploatare etc.

Pentru întocmirea acestei fișe este necesară enunțarea definițiilor acestora:

Calitatea reprezintă ansamblul proprietăților caracteristice ale unui produs a căror evaluare permite determinarea măsurii în care acest produs corespunde necesităților beneficiarului (utilizatorului) cărora le este destinat, în condiții de exploatare sau utilizare.

Criteriul sau indicatorul de calitate reprezintă una din proprietățile produsului, care exprimă sau influențează un aspect al calității acestuia.

Nivelul criteriului (indicatorului) de calitate este valoarea măsurabilă a criteriului de calitate sau calificativul ce caracterizează criteriul de calitate măsurabilă.

Nivelul calitativ al produsului reprezintă ansamblul de nivele ale criteriilor de calitate ale unui produs.

Nivelul optim de calitate este nivelul calitativ al unui produs, pentru care suma cheltuielilor de producție și a celor de exploatare sau utilizare are valoare minimă, în condițiile concrete actuale și în perspectivă de dezvoltare a economiei naționale.

Casa de calitate se folosește cînd apare o împrăștiere relativ mare a valorilor unor indicatori de calitate sau în cazul produselor naturale.

Tip este termen folosit pentru identificarea, după anumite utilizări specifice, a unor produse asemănătoare prin construcția sau destinația lor.

Nivelul calitativ mondial al unui produs este ansamblul nivelelor principalelor criterii de calitate stabilite pe baza recomandărilor internaționale de standardizare (ISO, CAER, CEI etc.).

Clasificarea criteriilor de calitate:

— *criterii de utilizare* (funcționale), care înglobează cerințele cu privire la sensibilitate și precizie, funcționare impecabilă, simplitate și comoditate în deservire, zgomot cît mai mic;

— *criterii constructive și tehnologice*, care impun ca aparatul să prezinte siguranță în exploatare, durabilitate economică, rezistență la acțiunea mediului exterior; să se adopte tehnologia corespunzătoare numărului de produse ce trebuie fabricate, cu cheltuială minimă de energie în procesul de fabricație; simplitate în montaj, demontaj și reparații;

— *criterii de fiabilitate*, care cer să se ia măsurile necesare pentru a nu se produce o defecțiune bruscă a subansamblelor sau echipamentului. Din acest punct de vedere se cere ca echipamentul să aibă: elemente și componente fiabile, rezistență suficientă, rigiditate, comportare bună în regim de rezonanță, adaptabilitate la efectele termice;

— *criterii ergonomice;*

— *criterii ale gradului de utilizare* în componența produsului de elemente refolosite sau tipizate;

— *criterii de estetică industrială*, care sînt legate de aspectul exterior, îngrijit și plăcut al echipamentului electronic și se realizează prin forma constructivă, prelucrările superficiale speciale, vopsirea sau acoperirea.

Condițiile îndeplinite de un criteriu de calitate:

— să fie în număr strict necesar pentru determinarea calității produsului, astfel ca să nu fie frînată perfecționarea continuă a lor;

— să permită stabilirea nivelelor de calitate;

— să poată fi verificate prin metode obiective;

— în cazul în care un aspect al calității se poate exprima prin criterii diferite, să se aleagă criteriul ce poate fi verificat prin metode rapide, nedistructive și economice;

— să se exprime fiabilitatea sau anduranța ori de cîte ori este necesar și posibil.

Se prezintă sub formă de tabel, în continuare, criteriile de calitate ce se iau în considerare la întocmirea fișei sintetice în funcție de categoria de aparatură electronică. [8]

Tabelul 1

Criterii de calitate pentru întocmirea fișei sintetice

1. *Funcționale (de utilizare)*

a. Caracteristici funcționale cu indicarea valorilor sau domeniilor nominale pentru mărimile de măsurat, afișat sau furnizat (transformat) analogic sau numeric (CEI 359—1971).

b. Domeniul de utilizare în exploatare (I, II, III) cu precizarea valorilor mărimilor de influență caracteristice: tensiune de alimentare, temperatură, umiditate relativă, presiune atmosferică (altitudine), cîmp magnetic, radiații și alte solicitări care afectează stabilitatea funcționării (CEI 359—1971).

c. Caracteristici funcționale specifice aparatelor electronice:

De măsurare	*Pentru medicină*	*Industriale*	*De radiocomunicații*
Parametrii măsurării: — sensibilitate; — eroare de bază în condiții de referință; — eroare de stabilitate (în timp).	Parametrii funcționali potrivit destinației în exploatare (diagnostic, terapie, supraveghere, protezare, laborator clinic).	Parametrii funcționali în exploatare: frecvență de lucru, putere, curent sau tensiune furnizată, randament ș.a.	Parametrii caracteristici în exploatare: — recepție: — gama de frecvențe; — sensibilitate; — selectivitate; — distorsiuni; — emisie: — gama de frecvențe — putere maximă de — vîrf; — timp de emisie; — stabilitatea frecvenței; — ecart între canale;

d. Consumul de energie electrică, autonomia de funcționare a aparatului.

2. *Constructive*

a. Construcția electromecanică a produsului:
— modulară, blocuri funcționale sau sertare interschimbabile;
— condiții de interconectare;
— staționar, mobil (transportabil), portabil.

b. Clasa de protecție electrică (I, II, III), felul alimentării (sursă independentă și/sau conectare la rețea) pentru aparatură de măsurare, industrie conform STAS 10327-75, iar pentru aparatura medicală conform CEI 62A (SC) 10—74 și pentru echipamente de radiocomunicații conform CEI 215—1, 2—1966.

c. Protecția climatică conform STAS 6692-63 U26:
— apt pentru a fi exploatat în zona temperată cu indicarea categoriei de exploatare.
— apt pentru a fi exploatat în toate zonele climatice;
— apt pentru a fi exploatat doar într-o zonă climatică cu precizarea protecției climatice.

d. Robustețea mecanică și stabilitatea la solicitări mecanice (șocuri, vibrații, accelerații liniare) conform STAS 8393/17, 18, 19.

e. Grade normale de protecție: STAS 5325-70-F40.

f. Dimensiuni: lățimea × înălțimea × adîncimea în [mm] și masa proprie în [kg].

g. Ușurința instalării, punerii în funcțiune, depanării, întreținerii în exploatare.

h. Nivel de perturbații electromagnetice și tensiuni parazitare STAS 6048—1—71 și 6—71.

3. *Tehnologice*:

Se va prezenta tehnologia folosită la realizarea schemelor electrice funcționale, cu componente discrete (tuburi electronice, tranzistoare), circuite integrate sau hibride. Modul de afișare a rezultatelor: aparat indicator, tuburi Nixie, LED, cristale lichide sau tub catodic.

4. *Fiabilitate*:

Indicatorii de fiabilitate caracteristici în exploatare:
— timpul mediu de bună funcționare (MTBF) între defectările succesive [ore];
— probabilitatea unei funcționări timp de t [ore], $P(t)$.

5. *Ergonomice*:

a. Amplasarea tuturor elementelor de comandă, control reglaj, calibrare și semnalizare pe panoul frontal, ținînd seama de calitățile psihofizice ale utilizatorului aparatului;

b. Folosirea unor cadrane cu scări adecvate (rotunde, semirotunde; vertical sau orizontal: cu fereastră de citire pentru afișare analogică sau numerică);

c. Folosirea unor marcaje prin semne convenționale sau inscripții din care să rezulte univoc sensul de acționare a elementelor de comandă.

6. Elemente refolosite sau tipizate.

— Gradul de utilizare de elemente refolosite: procentul de repere și subansambluri mecanice, blocuri electronice funcționale (surse de alimentare, circuite de intrare, circuite de ieșire, afișare, filtre etc.) ce sînt preluate de la alte produse fabricate și pentru care există documentație constructivă și tehnologică și experiență în producție și exploatare, deci se asigură un nivel calitativ ridicat.

— Gradul de utilizare de elemente tipizate: repere sau subansambluri ce fac obiectul unor standarde, norme interne departamentale, norme de tipizare și norme de întreprindere in raport cu totalul reperelor sau subansamblurilor diferite ce intră în componența produsului.

7. *Estetică industrială*:

a. prezentarea artistică, armonioasă a formei exterioare a aparatului și corelarea cu destinația lui;

b. armonizarea formei și culorii aparatului cu mediul de exploatare;

c. corelarea formei și culorii aparatului cu proprietățile materialelor și cu tehnologia de fabricație;

d. organizarea compozițională a părților și subansamblurilor, subordonarea problemelor principale celor secundare, simplitatea compoziției.

8. *Materii prime și materiale*:

Se enumeră materialele deosebite care sînt folosite la construcția aparatelor și accesoriilor.

9. *Preț de vinzare*:

Se exprimă in lei, eventual în comparație cu prețul în valuta țării respective a modelelor de referință, dacă există.

10. *Termen de garanție*:

Se va indica durata calendaristică (luni, ani) in care timp defecțiunile exemplarelor în exploatare sint remediate de către întreprinderea producătoare pe baza prevederilor din Norma Internă (N.I.) sau a convenției stabilite între întreprinderea producătoare și utilizator.
Toate condițiile cerute echipamentelor electronice sînt într-o interdependență reciprocă, astfel că soluționarea lor trebuie făcut în ansamblu, nu izolat.

1.2.2. ACTIVITATEA DE PROIECTARE (STUDIU DE LABORATOR, MODEL EXPERIMENTAL, DOCUMENTAŢIA DE BAZĂ)

În studiul de laborator se definitivează principiul de funcționare și schema bloc, caracteristicile și schemele de principiu ale blocurilor funcționale cu valorile componentelor, construcția (plăci cu circuite imprimate cu piese implantate) şi experimentarea blocurilor funcționale, încercarea blocurilor funcționale în condiții de referință și în condiții nominale de utilizare, schițe privind forma şi aspectul produsului, macheta viitorului produs în mai multe variante; se verifică normele tehnice pentru utilizarea tipizatelor; se stabilesc toate detaliile pentru execuţia viitorului model experimental, precum şi termenele de execuție; se stabilesc dispozitivele nestandardizate necesare pentru măsurarea unor parametri și verificarea funcționării produsului.

Modelul experimental se realizează cu toate piesele și subansamblele tipizate, precum și scule și dispozitive existente la beneficiar.

Activitatea de proiectare electrică, adică studiul și calculul regimurilor optime ale circuitelor electronice, de la faza studiu de laborator este completată cu activitatea de proiectare mecanică (stabilirea formei, dimensiunilor, rezistenței diverselor piese mecanice în funcție de solicitările mecanice din timpul exploatării) și activitatea de proiectare electroconstructivă (relațiile între componente și construcția propriu-zisă) la faza model experimental.

La proiectarea modelului experimental se urmărește reducerea pe cît posibil a pieselor mecanice şi a sculelor necesare confecționării acestora și folosirea prefabricatelor tipizate.

Pe timpul realizării și definitivării ME se elaborează Norma Internă Provizorie (N.I.P). N.I.P. conține definirea produsului, condiții tehnice funcţionale și metodele şi aparatele de încercare şi verificare a condiţiilor tehnice funcţionale; se fac precizări cu privire la ambalaj, livrare, transport, recepție, termen de garanţie. Dacă produsul are anexe ce ar putea constitui produse separate, se întocmesc N.I.P. pentru fiecare anexă.

În faza M.E. se proiectează și se execută parte din sculele și verificatoarele necesare execuției viitorului prototip.

În această fază de proiectare se caută să se dea echipamentului electronic trăsături de economic, tehnologic, estetic. Caracteristica de tehnologicitate denotă legătura tehnologiei de elaborare a unui produs cu condiţiile de exploatare a produsului, dar şi cu cerințele pe care tehnologia le pretinde construcţiei.

La avizarea modelului experimental se prezintă următoarele:

— schema de principiu îmbunătățită față de faza studiu de laborator;

— aparatul ca model experimental în ultima sa formă îmbunătățită;

— schițe de mînă folosite pentru realizarea M.E., cu toate datele tehnice şi tehnologice necesare execuției; pe baza acestor schițe se întocmește necesarul pe categorii de materiale și tipizate ce trebuie asigurate de Serviciul Aprovizionare, în vederea realizării şi multiplicării prototipului;

— lista materialelor și componentelor din ţară și din import;

— lista SDV cu temele de proiectare;

— lista dispozitivelor nestandardizate, temele de proiectare;

— calculul fiabilității previzionale;

— analiza modului în care au fost respectate normele tehnice privind tipizarea şi propuneri de noi tipizări.

Documentația constructivă (D.C.) definitivă se întocmește după avizarea modelului experimental, pe baza documentelor prezentate și a observațiilor făcute la avizarea M.E.

Pe timpul proiectării documentației constructive, responsabilul de produs din partea întreprinderii beneficiare urmărește ca documentația să satisfacă cerințele tehnologice ale întreprinderii.

Se proiectează și se execută restul de scule și verificatoare necesare realizării prototipului; dispozitivele nestandardizate necesare punerii în funcțiune și măsurării parametrilor produsului sînt proiectate și experimentate.

Documentația constructivă cuprinde și documentația constructivă a accesoriilor: sertare, sonde, alimentatoare etc.

Documentația constructivă cuprinde:

— borderoul documentației de bază;

— desenele de execuție conform STAS 6269-60.

1.2.3. PROTOTIPUL

Realizarea electroconstructivă sub formă de prototip se face pe baza măsurărilor efectuate pe modelul experimental, prin îmbinarea componentelor electronice cu construcția mecanică, astfel ca neconcordanța între calculele și măsurările pe model să fie înlăturată. Această neconcordanță ce există pe modelul experimental din cauza elementelor parazite și influențelor termice, electrice și magnetice rezultate din dispunerea în spațiu a componentelor electrice, ca și nerespectarea legilor și caracteristicilor de către materialele folosite, poate fi înlăturată prin proiectare și realizare electroconstructivă a echipamentului electronic.

Prototipul se realizează în 3 ... 5 exemplare sau mai multe, în funcție de complexitatea echipamentului, prin stabilirea de comun acord cu beneficiarul de către forul tutelar al executantului, cînd documentația constructivă este avizată de beneficiar.

Scopul prototipului este verificarea, corectarea și îmbunătățirea documentației constructive. În timpul realizării prototipului se întocmesc instrucțiunile de reglaj, măsurare și control, instrucțiunile de asamblare și de punere în funcțiune. Norma internă provizorie trimisă în anchetă se modifică conform observațiilor primite și care sînt acceptate pentru execuția prototipului. Conform condițiilor și metodelor de măsurare din norma internă se întocmesc buletinele interne de încercări, pe baza cărora se face recepția internă a prototipului.

Întreprinderea producătoare predă beneficiarului lista definitivă a materialelor și componentelor ce trebuie procurate din țară și din import pentru realizarea seriei zero.

La avizarea prototipului trebuie prezentate comisiei de avizare:

— toate exemplarele de prototip;

— buletinele de încercări întocmite conform N.I.P.;

— procesul verbal de recepție internă;

— instrucțiuni de reglaj, măsurări și control;

— modul cum s-a respectat tipizarea;

— documentația constructivă avizată de beneficiar.

Omologarea prototipului. Scopul omologării unui produs nou este de a verifica dacă acesta corespunde documentelor care au stat la baza asimilării: studiul tehnico-economic sau tema tehnică dezvoltată, caietul de sarcini sau norma internă provizorie pusă de acord cu factorii interesați, standarde, proiectul tehnic, documentația de execuție și avizele aferente și dacă este asigurată reproductibilitatea pe produsele din fabricația de serie, a condițiilor prevăzute în documentele enumerate, precum și atestarea tehnologiei de fabricație în cadrul indicatorilor tehnico-economici stabiliți.

La omologarea produselor participă delegați ai Inspectoratului General de Stat pentru Controlul Calității Produselor, în vederea avizării omologării produselor conform prevederilor decretului nr. 77 din 1971, articolul 5.

Metodologia verificării parametrilor de omologare în scopul verificării produsului nou și a cunoașterii performanțelor acestuia, precum și pentru scurtarea ciclului de asimilare constă în două etape:

— *omologarea preliminară* = omologarea prototipului prin care se verifică nivelul de performanțe al produsului ce urmează a se asimila. Omologarea preliminară se execută pe baza verificării parametrilor de bază ai prototipului în conformitate cu parametrii prescriși în documentația avizată (NI). Prin aprobarea omologării preliminare se permite întreprinderii constructoare să treacă la pregătirea fabricației și execuția seriei zero;

— *omologarea finală* = omologarea seriei zero.

În vederea realizării acestor verificări la un nivel corespunzător și cu aparatură specializată, în cadrul institutelor Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini sînt laboratoare de încercări și măsurări specializate. Rezultatele încercărilor și măsurărilor se înscriu în buletinul de încercări, care certifică calitatea produsului.

Documentația ce se prezintă comisiei de omologare preliminară cuprinde:

— tema de proiectare și avizul la S.T.E. sau tema tehnică dezvoltată aprobată;

— avizul la proiectul tehnic;

— certificatele de omologare ale produselor cu funcții independente primite de la colaboratorii interni ca produse de completare ale produsului complex supus omologării;

— procesul verbal de recepție internă a prototipului;

— buletinul de încercări al produsului elaborat de institutul de specialitate sau, în cazul inexistenței unui asemenea institut, de către laboratorul întreprinderii;

— desenul de ansamblu și desenele principalelor subansamble;

— documentația privind satisfacerea indicilor tehnico-economici stabiliți prin STE sau proiectul tehnic (volumul importului, indice de greutate specifică, consumul specific de manoperă pe kg de produs etc.);

— fișa sintetică de criterii și nivele de calitate a produsului pusă la zi (conform ordinului MICM nr. 56/21 iunie 1971);

— documentația privind modul în care produsul respectă prescripțiile din normativele în vigoare pe linie de protecția muncii;

— proiectul de fișă tehnică a produsului, redactat conform ordinului MICM nr. 27 din 1971;

— caietul de sarcini avizat de beneficiar sau norma internă pusă de acord cu factorii interesați.

Documentul care stă la baza verificării nivelului tehnic al produsului în vederea omologării este norma internă sau standardul de produs, iar pentru unicate caietul de sarcini.

Pentru omologarea preliminară este necesar ca norma internă să fie aprobată.

Elaborarea normei interne de către executant, în baza temei de proiectare, trebuie să țină seama de nivelul performanțelor produselor similare realizate pe plan mondial. Condițiile de verificare impuse trebuie să aibă un caracter multilateral, iar metodele de verificare prevăzute trebuie să permită obținerea unor rezultate reproductibile, astfel încît să rezulte o caracterizare cît mai completă a nivelului tehnic și a performanțelor produsului.

Norma Internă trebuie să prevadă în mod obligatoriu periodicitatea repetării încercărilor de tip.

Conținutul și metodologia de elaborare a N.I. corespunde dispozițiilor Institutului Român de Standardizare și ordinelor MICM în vigoare.

Buletinul de încercări al produsului, elaborat de institutul de specialitate sau de laboratorul întreprinderii, va cuprinde în mod obligatoriu rezultatele tuturor probelor înscrise în programul de încercări (ce reprezintă ultima parte a normei interne), precum și concluziile comparării acestor rezultate cu valorile și toleranțele stabilite în documentații și condiții tehnice.

Conform anexei 4 din ordinul MICM nr. 130-1971, condițiile ce se verifică obligatoriu de către comisia de omologare (omologare preliminară) sînt:

— produsul a fost executat conform documentației și cu gradul de integrare stabilit;

— produsul a fost verificat cu rezultatele corespunzătoare la toate condițiile prevăzute în documentele care au stat la baza asimilării;

— produsul este la un nivel de calitate corespunzător produselor similare fabricate pe plan mondial;

— asigurarea condițiilor de protecția muncii;

— alegerea materialelor și toleranțelor prescrise în documentație au justificare tehnico-economică.

După încheierea lucrărilor de omologare preliminară, comisia de omologare întocmește procesul verbal care va cuprinde:

— enumerarea succintă a documentelor prezentate comisiei;

— concluziile comisiei asupra verificărilor făcute;

— recomandările făcute de comisie referitoare la înlăturarea unor deficiențe constatate și termenul la care urmează a fi aplicate.

La faza Omologarea Prototipului se întocmește fișa tehnică economică care cuprinde:

— denumirea produsului;

— caracteristici funcționale principale;

— necesarul de produse pe următorii 5 ani, cantități și valori;

— beneficiari principali;

— centrala coordonatoare, întreprinderea producătoare;

— comparație între produsul propus pentru asimilare și produse similare străine;

— preț P_{ct}, P_{cc}, P_V;

— țări de unde se poate procura produsul și prețul de achiziționare din import;

— cursul de revenire brut;

— situația materiilor prime, materialelor, subansamblelor necesare producției;
— importul eliminat;
— export;
— condiții pentru însușirea produsului la întreprinderea producătoare.

1.2.4. INTRODUCEREA ÎN FABRICAȚIE. FABRICAȚIA PROPRIU-ZISĂ

Valorificarea cercetării executantului se face de către beneficiarul direct, care este întreprinderea producătoare. Valorificarea cercetării se face prin:
— asistență tehnică de către executantul întreprinderii beneficiare pentru însușirea documentației constructive;
— școlarizarea personalului pentru aplicarea instrucțiunilor de reglaj, măsurări și control, precum și pentru efectuarea depanării produsului în fabricație;
— asistență tehnică în timpul organizării fluxului tehnologic;
— asistență tehnică la asamblarea produselor, la efectuarea reglajelor și la măsurările preliminare conform N.I.;
— efectuarea unor încercări mecano-electrice prevăzute în N.I.;
— corectarea documentației în funcție de constatările făcute la realizarea seriei zero;
— editarea prospectului tehnic și comercial al produsului;
— actualizarea instrucțiunilor de reglaj, măsurări și control, ca urmare a noilor condiții ivite pe timpul asimilării produsului.

Pregătirea fabricației constă în afară de pregătirea completă a documentației constructive, a listelor de materiale și aprovizionarea cu materiale, în realizarea documentației tehnologice. Documentația tehnologică este destinată pregătirii și desfășurării procesului de producție.

Prin producție sau fabricație se înțelege intrarea unui produs în procesul economic și de execuție.

Documentația tehnologică va cuprinde: fișele tehnologice, planurile de tăiere sau de folosire a materialelor, desenele pe operații, listele și consumurile specifice de materiale, listele și consumurile specifice de manoperă, listele de SDV-uri standardizate și speciale, inclusiv consumurile acestora.

Fișele tehnologice cuprind operațiile prin care trece orice piesă și subansamblu în procesul de fabricație, enumerarea materialelor și componentelor necesare realizării unui subansamblu sau a unui lot din subansamblul respectiv, utilajele și SDV cu care se execută fiecare fază în parte, calificarea personalului care execută faza și timpul normat pentru fiecare fază în parte. Fișele tehnologice servesc la desfășurarea procesului de producție, normarea operațiilor, la calculul organizării producției, dimensionarea și utilizarea secțiilor de producție.

Exemplul de fișă tehnologică este prezentat în fig. 6.

Planurile de tăiere sau folosire a materialelor sînt desene de împărțire a materialelor cu scopul unei folosiri judicioase a acestora. Acestea servesc la întocmirea planurilor de aprovizionare, la planificarea reducerii consumurilor specifice și a prețului de cost, la urmărirea variației rebuturilor în funcție de diverși factori ai producției.

ÎNTREPRINDEREA	SECȚIA	Atelierul

Fișa tehnologică			Produs:	Simbol:	Observații:
Nr. fișei	Pag.	Urm. pag.	Ansamblu:	Desen:	
			Reper:	Desen:	
Valabil pentru seria de ______ buc.			Poz. în ansamblu:	Bucăți pe produs:	

MATERIALUL			Manopera buc.		TEHNOLOGIE		NORMARE	
Calitate și dimens. note conf. STAS	U.M.	Necesar/buc.	Minute	Lei	Întocmit	Verificat:	Întocmit	Verificat
	mm.							
	kg.							

OPERAȚIA		UTILAJUL					Bucăți prelucrate simultan	Echipa			Norma de timp		Valoarea manoperei	
Nr.	Denumirea operației	Atelier	Mașina loc lucru	Scule	Dispozitive	Verificatoare		Simbol meserie	Deserv.	Categ.	Preg.	Unitar	Preg.	Unitar
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Fig. 6.

Documentaţia tehnologică cuprinde extrasul de materiale ce se trimite serviciului aprovizionare.

Documentaţia tehnologică cuprinde temele de proiectare pentru utilajele nestandardizate:

— SDV: se proiectează pe baza temelor de proiectare, sînt executate apoi şi verificate în ateliere;

— utilaje de producţie şi control ce se realizează în atelierele de autoutilare.

Producţia acestora face parte din pregătirea fabricaţiei.

SDV sînt consumabile ca orice material indirect şi de aceea trebuie multiplicate continuu şi modernizate din mers.

Cînd SDV-urile, utilajele şi desenele de fabricaţie sînt executate şi corectate, se trece la experimentarea fabricaţiei în condiţii existente în secţiile de producţie şi cu personalul de producţie.

Rolul seriei zero este să instruiască şi să definitiveze tehnologia.

Produsele seriei zero se încearcă în laboratoarele întreprinderii unde se verifică toate condiţiile tehnice conform N.I.; acum se iau măsurile organizatorice definitive pentru desfăşurarea corectă a producţiei.

Omologarea finală reprezintă omologarea seriei zero, prin care se verifică măsura în care pregătirea fabricaţiei asigură menţinerea nivelului de performanţă al produsului şi economicitatea fabricaţiei, precum şi comportarea în probe de anduranţă sau fiabilitate. Pe baza rezultatelor obţinute la omologarea finală, se definitivează documentaţia pentru fabricaţie de serie şi eventualele îmbunătăţiri necesare se aplică odată cu producţia de serie. Probele de anduranţă, efectuate pe prototip sau seria zero, trebuie să se încheie, de obicei, pînă la omologarea finală, pentru a permite începerea fabricaţiei de serie cu toate perfecţionările rezultate din aceste verificări.

Documentaţia ce se prezintă comisiei de omologare finală cuprinde:

— copia după procesul verbal de omologare preliminară a prototipului;

— buletinul de încercări al seriei zero;

— procesul verbal de recepţie a pregătirii fabricaţiei, documentaţia tehnică şi tehnologia care să o ateste pe baza corespondenţei produselor cu documentaţia tehnică a pierderilor înregistrate prin rebuturi şi a parametrilor statistici de evaluare a gradului de stabilitate a procesului tehnologic;

— situaţia consumurilor specifice şi încadrarea în normele de consum;

— nomenclatorul materialelor şi produselor din import şi efortul valutar necesar;

— norma internă aprobată;

— documentele de omologare ale SDV-urilor şi tehnologiei, conform prevederilor etapei respective de integrare;

— memoriu de prezentare al pregătirii tehnologice a fabricaţiei şi justificarea tipului de documentaţie tehnologică adoptată. El va cuprinde aprecierea gradului de dotare cu SDV, aprecieri asupra tehnologiei aplicate, a manoperei specifice, a controlului şi organizării acesteia pentru asigurarea calităţii fabricaţiei, precum şi precizări cu privire la asigurarea condiţiilor de fabricaţie; acest memoriu va cuprinde, de asemenea, consemnarea modului de rezolvare a recomandărilor făcute la omologarea preliminară;

— notiţa tehnică (instrucţiuni de montaj, exploatare, întreţinere);

— fişa tehnică a produsului, redactată în două exemplare conform ordinului MICM nr. 27-1971.

Manualul de instrucţiuni cuprinde:
— descrierea funcţionării;
— schema electrică de principiu cu piesele notate;
— lista de piese corelată cu schema electrică de principiu;
— instrucţiuni de întreţinere în exploatare;
— instrucţiuni de reglaj şi control;
— fişa de urmărire a comportării în exploatare.

Conform anexei nr. 4 din ordinul MICM 130-1971, comisia de omologare finală verifică în mod obligatoriu următoarele condiţii:

— piesele şi operaţiile tehnologice prevăzute a fi realizate de întreprindere la locurile de muncă unde urmează să se realizeze fabricaţia de serie;

— dacă au fost efectuate cu rezultat corespunzător produsele din seria zero şi consemnate în documentele de încercări toate verificările prevăzute în documentele tehnice normative (norme interne, standarde);

— dacă toate piesele şi operaţiile tehnologice prevăzute a fi realizate în întreprindere s-au executat în condiţiile precizate în documentaţia tehnologică, existînd pentru toate operaţiile documente de omologare;

— dacă documentaţia tehnologică cuprinde tehnologia de control ca parte integrantă a tehnologiei de fabricaţie;

— dacă precizia de execuţie a operaţiilor şi pieselor realizate corespunde documentaţiei tehnice, iar rezultatul măsurărilor efectuate pentru mărimile tolerate sînt consemnate în fişele de măsurări;

— dacă s-au aplicat recomandările stabilite la omologarea preliminară;
— încadrarea în normele de consum;
— efortul valutar necesar pentru fabricaţia de serie şi programul de integrare.

În procesul verbal de omologare finală, care se întocmeşte cu aceleaşi elemente ca şi la omologarea preliminară, se mai adaugă recomandarea privind periodicitatea repetării obligatorii de către întreprindere a probelor de tip pe parcursul fabricaţiei. După aprobarea omologării, dosarele originale se păstrează la unitatea executantă, iar o copie conformă la departamentul tutelar.

Repetarea probelor de tip conform prevederilor normei interne constituie obligaţia întreprinderii producătoare, care poate cere în acest scop colaborarea institutului de specialitate. Rezultatele probelor de tip, precum şi fişa sintetică de criterii şi nivele de calitate a produsului pusă la zi, împreună cu concluziile organului CTC din întreprindere şi a proiectantului, vor fi analizate de o comisie de verificare numită de întreprindere şi vor fi supuse spre aprobare conducerii întreprinderii. După aprobare, documentul se anexează la dosarul de omologare finală, făcînd parte integrantă din acesta şi permiţînd continuarea fabricaţiei.

Cu ocazia probelor de tip se va verifica şi modul cum au fost aplicate recomandările comisiei din procesul verbal de omologare finală.

1.2.5. OBSERVAREA ECHIPAMENTELOR ÎN PRIMA PERIOADA A EXPLOATĂRII

După omologarea finală a produsului se emite documentaţia tehnică completă, iar apoi se face lansarea în fabricaţie.

Produsele din prima serie de fabricaţie sînt supravegheate atît de beneficiar, cît şi de fabricant, supunîndu-le la condiţii mai severe decît cele din exploatare.

Cele mai multe cauze de degradare a produselor sînt:

— ignorarea detaliilor tehnologice de către executanți sau tehnologi;

— înrăutățirea calității utilajelor din cauza uzurii;

— nerespectarea calității materialelor folosite, conform documentației;

— ritm de producție nepotrivit;

— control necorespunzător al detaliilor și fazelor intermediare.

Periodic, produsul trebuie reconsiderat și îmbunătățit, fie pe baza construcției inițiale, deci din punct de vedere al tehnologiilor, prin introducere de tehnologii noi, moderne, fie prin modificarea construcției. Probleme legate de aceste aspecte vor fi tratate în capitolul 7.

1.3. ASPECTE SPECIFICE DE CONSTRUCȚIE ȘI TEHNOLOGIE A ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Cunoașterea factorilor și găsirea de soluții optime duce la producție de calitate și la conservarea calităților produsului pînă la utilizare și în timpul utilizării echipamentelor electronice.

Dezvoltarea industriei de echipamente electronice pe plan mondial are în vedere în etapa actuală, următoarele linii generale:

— realizarea de echipamente electronice cu gabarite, masă și consum cît mai reduse;

— realizarea de circuite electronice prin tehnologii avansate, tehnici hibride și integrate;

— realizarea unui raport preț/performanțe cît mai scăzut;

— îmbunătățirea esteticii și a ergonomiei echipamentelor electronice.

Particularitățile de construcție și tehnologie a echipamentelor electronice decurg din particularitățile echipamentelor electronice:

— număr mare de repere, componente și subansambluri distincte, ceea ce înseamnă că sînt:

— foarte multe materiale variate pentru executarea acestora;

— mare varietate de procese tehnologice;

— mare număr de utilaje și echipament tehnologic specializat;

— unificarea și normalizarea (tipizarea) componentelor, subansamblelor, ceea ce a permis:

— organizarea producției componentelor și subansamblelor în masă;

— aplicarea unor tehnologii avansate;

— asigurarea unor toleranțe strînse și a unor caracteristici stabile pentru realizarea interschimbabilității electrice și mecanice, ducînd la simplificarea operațiilor de asamblare, reglaj și control.

Întreprinderile de profil execută componente electronice, subansambluri funcționale normalizate; întreprinderile de echipamente electronice execută doar repere nestandardizate (bobine, repere din materiale plastice, șasiuri etc.) și lucrări de asamblare, reglaj și control.

1.3.1. PARTICULARITĂŢI CONSTRUCTIVE ALE ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

— Echipamentele electronice au o schemă electronică, ceea ce imprimă particularităţi procesului de asamblare, utilajelor de producţie şi de control.

— Gradul de precizie a caracteristicilor echipamentelor electronice este puţin influenţat de precizia de fabricaţie şi este dictat de schema electrică şi de utilizarea materialelor şi componentelor speciale.

— Funcţiile realizate de echipamentele electronice sînt mult mai complexe decît funcţiile mecanice şi de precizii foarte ridicate.

— Echipamentele electronice se caracterizează prin anduranţă mare (durată în funcţionare mare), din cauză că ele realizează de obicei funcţii statice, sau deplasări şi eforturi mici, deci uzură mecanică sau electrochimică de frecare mică.

— Pentru a realiza izolările electrice şi contactele necesare se cere o curăţenie a suprafeţelor cît mai bună.

— Echipamentele electronice permit folosirea de componente şi subansambluri tipizate; de asemenea, permit utilizarea materialelor de construcţie, a produselor cu funcţionare mecanică utilizate în diverse domenii, dar cu specific şi materiale utilizate numai în construcţia echipamentelor electronice (materiale de impregnare, materiale magnetice, materiale izolante stratificate, materiale izolante termoreactive şi termoplastice). Atît materialele utilizate în alte industrii, cît şi cele specifice construcţiei echipamentelor electronice trebuie să permită o prelucrare în condiţiile întreprinderii cu profil electronic, adică să nu ceară un utilaj şi procese tehnologice de prelucrare deosebite, ci să permită obţinerea calităţilor necesare în condiţiile întreprinderii de fabricaţie a echipamentelor electronice.

1.3.2. PARTICULARITĂŢI TEHNOLOGICE ALE ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

— Prelucrările mecanice se încadrează în categoria „execuţie mijlocie", cu toleranţe nu prea strînse (clasa de precizie 3—5), ceea ce permite executarea pe maşini automate şi semiautomate cu productivitate ridicată; de exemplu: ştanţarea din benzi la prese cu avans automat, îndoirea sau înfăşurarea (pentru scoabe, arcuri etc.) pe maşini speciale automate etc.

— Deoarece funcţiile complexe sînt îndeplinite de către schema electrică, piesele mecanice, în general, au rol de susţinere (montaj) şi se execută fie prin prelucrare pe maşini-unelte în 1 pînă la 4 operaţii, fie printr-un procedeu direct, injecţie sau presare din pulberi sau granule, rezultînd ca piese finite dintr-o singură operaţie.

— Asamblarea subansamblurilor funcţionale sau a ansamblurilor finite nu ridică probleme în ceea ce priveşte manipularea, deoarece gabaritele şi greutatea pieselor şi subansamblurilor sînt mici.

— În cazul unui flux tehnologic de asamblare mecanizat, este importantă organizarea şi aprovizionarea locurilor de muncă şi optimizarea poziţiei utilajului.

Particularităţile tehnologice de fabricaţie a echipamentelor electronice impun alegerea procedeului de fabricaţie.

1.3.3. PARTICULARITĂȚI ORGANIZATORICE ÎN FABRICAȚIA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

— Fabricația de echipamente electronice necesită cadre cu calificare teoretică și practică, organizarea unor laboratoare și a unui personal specializat în elaborarea unor materii prime și materiale noi, în măsurarea caracteristicilor materialelor, în vederea folosirii optime a acestora în funcție de condițiile de utilizare.

— Fabricația de echipamente electronice necesită organizarea unor laboratoare de încercări ale materialelor, componentelor și echipamentelor, atît în verificările curente, dar și laboratoare de cercetare și verificare prin sondaj a fabricației.

— Se impune organizarea unui grup de specialiști sau a unui laborator de sistematizare și tipizare continuă a utilizării componentelor standardizate, a subansamblurilor, a proiectării constructive și a proiectării tehnologice (tipizare a proceselor tehnologice, a utilajelor de reglaj și control etc.).

1.4. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

1.4.1. FAZE DE FABRICAȚIE

Fabricația este un fenomen tehnico-economic complex, care cuprinde următoarele faze:

— aprovizionarea cu materii prime, materiale, piese și subansambluri executate în alte întreprinderi;
— fabricația pieselor mecanice, reperelor din material plastic;
— montarea pieselor mecanice și componentelor electronice pe subansambluri sau ansamblu, montarea pieselor, componentelor și subansamblurilor pe echipamentul electronic;
— reglarea subansamblurilor și a echipamentului electronic;
— controlul care se execută în permanență în timpul fabricației;
— ambalarea și desfacerea.

Aprovizionarea constă în:

— planificarea aprovizionării;
— găsirea surselor de materii prime, materiale, subansambluri tipizate;
— obținerea mostrelor;
— verificarea corespondenței mostrelor obținute cu condițiile tehnice cerute de documentația tehnică a produsului;
— contractarea și aducerea materiilor, materialelor și subansamblurilor în timp planificat în întreprindere;
— depozitarea și debitarea materialelor către locurile de producție și ținerea unei evidențe stricte a consumurilor de materiale, componente și subansambluri pe echipament (produs).

Fabricația pieselor mecanice și a reperelor din material plastic comportă lucrări pregătitoare de un volum de muncă, de obicei, foarte mare. Debitarea

la dimensiuni a materialelor laminate, presate, trefilate, pregătirea unor compoziţii chimice pentru turnare, injecţie sau presare, pregătirea solvenţilor, vopselelor, amestecurilor de impregnare, pregătirea terminalelor componentelor electronice, pregătirea conductoarelor de conexiune pentru montaj, montarea sculelor, verificarea SDV, reglarea maşinilor unelte şi a aparatelor de reglare şi control, sînt exemple de operaţii pregătitoare care se execută după documentaţia constructivă şi documentaţia tehnologică. Mecanizarea şi automatizarea proceselor tehnologice de fabricaţie a pieselor mecanice şi a reperelor din material plastic reduc timpii între operaţii, măresc productivitatea muncii şi permit obţinerea calităţii scontate, numărul rebuturilor fiind redus. Economia de manoperă, material şi materii prime se face în această fază a fabricaţiei.

Montajul şi reglajul subansamblurilor funcţionale şi al produselor se realizează conform documentaţiei, a desenelor.

Montajul reprezintă partea de operaţii constînd din asamblarea pieselor, componentelor şi subansamblurilor electrice şi mecanice într-un tot unitar, care fac ca produsul să ia forma finală şi să satisfacă unele condiţii tehnice rezultate de la sine prin însăşi operaţia de montaj.

Reglajul reprezintă partea de operaţii care se execută pe produsul final părţilor variabile ca poziţie şi formă, pentru ca produsul să satisfacă toate condiţiile tehnice impuse prin norma internă. Operaţiile de reglare se execută pe subansambluri funcţionale ale echipamentului sau pe echipamentul electronic final, în funcţie de documentaţia şi instrucţiunile de reglaj cuprinse în documentaţia tehnologică.

Ambalarea şi desfacerea echipamentelor electronice sînt conform normei interne a produsului respectiv.

Ambalarea reprezintă măsurile de protejare a echipamentului electronic pe durata transportului la beneficiar şi pe durata depozitării în scopul conservării condiţiilor tehnice realizate de executant. Ambalajul echipamentului este în funcţie de forma şi dimensiunile aparatului, de felul echipamentului (fragilitatea componentelor şi a construcţiei), durata şi mijloacele de transport, clima sau agenţii atmosferici ce acţionează.

Desfacerea reprezintă totalitatea operaţiilor între ambalare şi utilizarea propriu-zisă, conform instrucţiunilor de utilizare. Desfacerea depinde de manevrare şi stocare, încărcare şi transport, dezambalarea finală. Termenele contractuale şi accidentele de livrare contribuie împreună cu toţi ceilalţi factori ai ambalării la reuşita unei desfaceri corecte, conform documentaţiei cuprinse în norma internă a echipamentului respectiv.

Controlul se desfăşoară în tot timpul procesului de fabricaţie a echipamentului electronic şi cuprinde:

— controlul materiilor prime, materialelor şi componentelor sau subansamblelor furnizate de terţi, control ce se realizează în laboratorul întreprinderii în conformitate cu standardele sau normele interne ale acestora;

— controlul debitării materialelor, componentelor şi subansamblurilor de la magazie către locul de muncă sau prin magazia intermediară de atelier; acest control are scopul livrării unor materiale corespunzătoare formei, dimensiunilor şi calităţilor utilizării la locul de muncă respectiv, pe maşina sau SDV-urile corespunzătoare acestui loc de muncă;

— controlul între faze sau operații, numit operație de revizie; are scopul de a controla piesele, componentele și subansamblurile în vederea evitării pierderii de manoperă sau perturbațiilor în producție ce ar putea apărea din cauza asamblării unor piese, componente și subansambluri defecte;

— controlul în timpul execuției se face la primele piese și subansambluri funcționale, apoi periodic și atunci cînd apar modificări în procesul tehnologic (cum ar fi de exemplu reglarea mașinilor unelte); controlul în timpul execuției se face bucată cu bucată pentru echipamente electronice ce utilizează piese sortate pe categorii; ;

— controlul final ce se execută înaintea asamblării produsului se face asupra mărimilor și caracteristicilor funcționale, de fiabilitate și estetice ale echipamentului electronic cu utilaje și echipamente de măsură și control complexe în funcție de produsul respectiv.

1.4.2. PROCEDEE DE FABRICAȚIE

Procedeul de fabricație reprezintă metoda de executare a operațiilor de producție în funcție de mecanizarea și automatizarea acestora.

— *Procedeul de fabricație manual* se bazează pe utilizarea efortului fizic al omului; sînt procedeele de fabricație din atelierele de lăcătușărie, tinichigerie etc. ce utilizează scule manuale (ex. sudarea manuală a sîrmelor de cablu).

— *Procedeul de fabricație sau execuția mecanizată* se realizează cu mașini unelte; sînt procedeele de fabricație din atelierele de strungărie, frezare, rabotare, găurire cu mașina, ștanțarea, vopsirea prin cufundare, lipirea conexiunilor sau a componentelor în baie sau în flowsolder etc. Execuția mecanizată este deocamdată cea mai răspîndită ca folosire în construcția și fabricația de echipamente electronice.

— *Procedeul de fabricație semiautomat* se realizează cînd operațiile propriu-zise se execută în mod mecanizat, iar operațiile pregătitoare se execută parțial manual, de exemplu strunjirea pe strung revolver;

— *Procedeul de fabricație mecanizat-complex* este rentabil pentru producția de serii mari și mijlocii; înlocuirea cablajului convențional cu cablaj imprimat reprezintă trecerea la o execuție mecanizat complexă.

— Procedeul de fabricație *automat* reprezintă execuția pe mașini ce se reglează automat în anumite clase de precizie, folosind sisteme de reglare automată. Mașinile de prelucrări mecanice actuale sînt automate.

— Procedeul de fabricație automatizat complex se realizează cînd de la intrarea materialelor în circuit, pînă la expedierea produsului final procesul se realizează automat, prin programarea utilajelor și comanda prin reglarea cu sisteme automate.

1.4.3. CIRCUITE DE FABRICAȚIE

Producția continuă a unui produs reprezintă producția fără întrerupere a produsului după aceeași documentație constructivă și tehnologică; în tehnologia de fabricație nu a intervenit nici o modificare ca să afecteze calitatea produsului și nu a intervenit o schimbare mare în personalul de execuție.

Circuitul de fabricaţie a unui produs reprezintă aşezarea în spaţiu a locurilor de muncă şi circulaţia procesului de producţie pentru realizarea echipamentului electronic respectiv. Stabilirea circuitului de fabricaţie pentru un produs reprezintă organizarea fabricaţiei ce se face în funcţie de echipamentul de fabricat (tipul produsului), cantitatea fabricaţiei, utilajele de fabricaţie (tehnicitatea întreprinderii şi investiţiile posibile) şi de efectul economic scontat.

Circuitele de fabricaţie după care se poate organiza producţia, prezentînd pe exemple, sînt descrise în continuare.

— *Circuit de fabricaţie organizat după specificul utilajului de producţie:* materialele M_i sînt trecute în paralel prin secţii diferite ale întreprinderii şi se întîlnesc în secţiile cu acelaşi specific tehnologic (fig. 7). Circuitul de fabricaţie organizat după specificul utilajului se pretează la fabricaţia cu repere multe, variate şi serii mici şi mijlocii de produse.

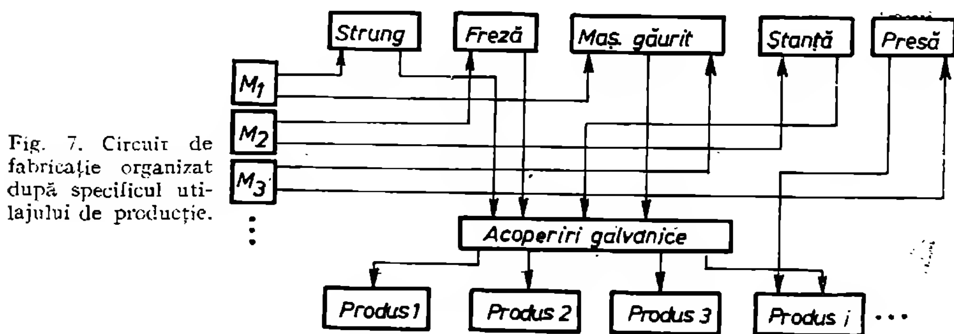


Fig. 7. Circuit de fabricaţie organizat după specificul utilajului de producţie.

— *Circuitul de fabricaţie organizat după specificul pieselor, subansamblurilor funcţionale sau produsului:* utilajele de producţie sînt grupate pe operaţii, astfel că piesele, subansamblurile funcţionale sau produsul sînt executate cu un timp foarte scurt între operaţii, dată fiind concentrarea utilajelor pe operaţii de producţie. Acest circuit de organizare are o productivitate a muncii ridicată şi este impus de volumul mare de fabricaţie a pieselor, subansamblurilor sau produselor şi de gradul de specializare a fabricaţiei.

— *Circuit de fabricaţie organizat în flux tehnologic continuu:* distribuirea utilajelor de producţie şi a locurilor de muncă sînt în ordine strict tehnologică, conform documentaţiei tehnologice, astfel că transportul între operaţii este minim. Punctele de control succed operaţiilor tehnologice, iar numărul de utilaje sau locul de muncă cerut de ritmul de fabricaţie este calculat pentru fiecare operaţie. Transportul între operaţii poate fi manual sau mecanizat, de exemplu benzi transportoare. Productivitatea muncii este mult crescută. În fig. 8 se prezintă organizarea în flux continuu.

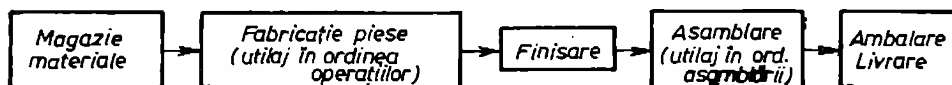


Fig. 8. Circuit de fabricaţie organizat în flux continuu.

— *Circuitul de fabricație organizat în bandă* este o fabricație organizată în flux tehnologic continuu, la care durata de execuție a operațiilor sau numărul operațiilor asemănătoare se face în concordanță cu viteza benzii transportoare, astfel că există o cadență de producție calculată. Fabricația organizată în bandă poate fi realizată parțial pe subansambluri funcționale (fig. 9) sau pe întregul proces de producție al produsului (fig. 10).

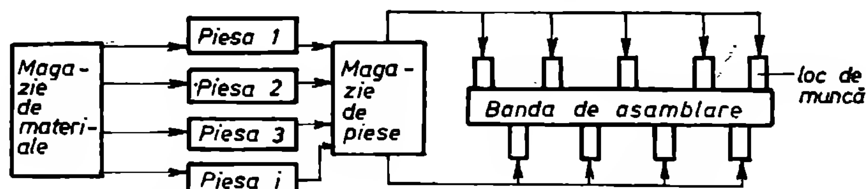


Fig. 9. Circuit de fabricație organizat parțial în bandă (bandă de asamblare pentru subansambluri funcționale).

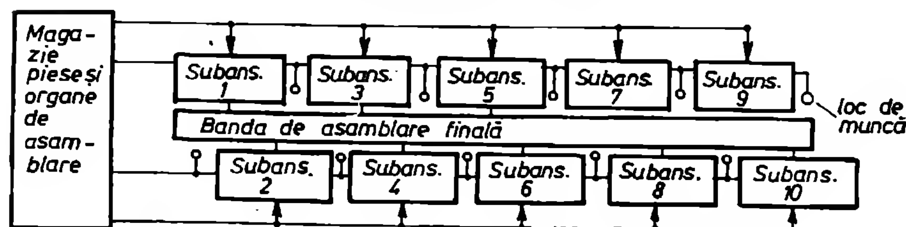


Fig. 10. Circuit de fabricație cu bandă de asamblare totală.

Banda de asamblare finală este un circuit central în cazul organizării în bandă a întregului proces de fabricație a unui produs, cu ramificații laterale pentru fabricația în bandă a subansamblurilor funcționale și care se întîlnesc în banda centrală în locurile de muncă unde aceste subansambluri sînt asamblate, montate pe echipamentul electronic.

Benzile de asamblare pot fi benzi fixe sau pot fi benzi rulante. Sincronizarea mișcării benzilor rulante cu operațiile ce se execută în bandă trebuie astfel realizată încît operațiile să aibă timp să fie realizate corect și fără timpi morți, operațiile mai complexe necesitînd deci în acest caz mai multe locuri de muncă.

1.4.4. NORME DE CONSUM DE MATERIALE ȘI ENERGIE

Se referă la cantitatea de materie primă, materiale sau energie necesară pentru fabricarea în condiții normale a unei cantități de produse.

Consumul specific net reprezintă consumul de materie primă, materiale sau energie util fără nici o pierdere. De exemplu, consumul de energie electrică net consumată reprezintă consumul de energie electrică transformată în forma de energie utilizată cu un raport de transformare (randament) normal.

Consumul specific tehnologic de materie primă, materiale sau energie reprezintă consumul specific net la care se adaugă pierderile tehnologice.

Un exemplu de consum specific este prezentat în cele ce urmează și se referă la consumurile specifice pentru realizarea cablajelor imprimate:

— alba menaj pentru curățarea suportului placat cu cupru
7,5 g pentru o placă medie de 200 × 160 mm;

— emulsie fotosensibilă: 10% alcool polivinilic + 30 cm^3 alcool etilic + + (2,5 ... 4%) bicromat de amoniu;
800 cm^3 emulsie pentru emulsionarea unei suprafețe de 2 m^2;

— colorant (cerneală de stilou 1:1)
1 litru soluție cerneală stilou 1:1 pentru 1 m^2;

— anhidridă cromică 5%
1 litru soluție 5% fixează 1,30 m^2;

— clorură ferică concentrație 30°Be
1 litru soluție corodează 0,25 m^2;

— soluție de hidroxid de sodiu 10% la 70°C
1 litru soluție NaOH 10% pentru 1,20 m^2.

Norma de consum specific net sau tehnologic reprezintă consumurile specifice definite ca normativ pentru o anumită fabricație. Reducerea acestor norme de consum tehnologic se realizează prin: modificarea constructivă, optimă a pieselor, miniaturizare, folosirea șasielor și casetelor din profile și tablă, folosirea întăriturilor prin îndoiri de margini în locul materialelor masive etc.

Cursul de organizare a întreprinderilor completează acest capitol.

Capitolul 2

PROTECȚIA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE LA FACTORI CLIMATICI ȘI MECANICI

2.1. INFLUENȚA FACTORILOR CLIMATICI ȘI MECANICI ASUPRA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Condițiile de depozitare, transport și utilizare ale echipamentelor electronice privind mediul ambiant contribuie la menținerea sau înrăutățirea caracteristicilor electrice, funcționale, mecanice și estetice ale acestora. Este necesar să se cunoască aceste condiții încă din faza de proiectare a unui echipament electronic pentru a se lua măsurile constructive, de proiectare electrică a schemelor de principiu, de alegere a materialelor și componentelor, astfel ca să corespundă scopului pentru care vor fi realizate. În norma internă a produsului sînt prevăzute condițiile de funcționare, depozitare și transport și metodele de verificare a funcționării echipamentului în condițiile prescrise [10].

Rezistența la acțiunea mediului exterior depinde de materialele și construcția adoptată echipamentului electronic corespunzătoare solicitărilor factorilor care intră în componența acestui mediu (umiditate, temperatură, praf, microorganisme, bacterii, insecte, vibrații, șocuri, ciocniri).

2.1.1. CARACTERIZAREA FACTORILOR CLIMATICI ȘI INFLUENȚA LOR

a. **Caracterizarea condițiilor climatice.** Climatologia tehnică este știința care se ocupă cu cercetări comparative asupra comportării produselor în zone cu climate diferite și cu mijloacele de protecție împotriva efectelor dăunătoare ale factorilor climatici asupra produselor.

Principalii producători și utilizatori de echipamente electronice se află în climatul temperat, de aceea construcția și tehnologia de fabricație a unui număr mare de echipamente este destinat acestei clime.

Împărțirea climatică a Pămîntului în scopuri tehnice conform STAS 6535-62 se face în patru zone principale:

— *Climatul rece* se caracterizează prin temperaturi ale aerului în timpul iernii sub —40°C, acoperiri de gheață, zăpezi, vînturi puternice; vara nu diferă prea mult de climatul temperat.

— *Climatul temperat* se caracterizează prin temperaturi în timpul iernii mai mici de —30°C, iar vara pînă la aproximativ +35°C. În aceste regiuni nu apar simultan diferențe de temperaturi mai mari de 20°C și umiditate relativă peste 80%.

— *Climatul cald umed* se caracterizează prin existența simultană a umidității relative ridicată (90%) și temperaturi ridicate ale aerului cel puțin 12 ore din zi și minim 2 luni pe an, radiații solare, puternice, rouă, nisip, praf, averse de ploi rare.

— *Climatul cald uscat* se caracterizează prin temperaturi ridicate ale aerului (+55°C), cu umiditate relativ scăzută (30 ... 50%), radiații solare foarte puternice, variații în timpul zilei mari ale temperaturii aerului, mult nisip și praf.

În climatele cald uscat și cald umed, factorii biologici ce acționează impun construcție și tehnologii de fabricație deosebite echipamentelor electronice.

În afara acestor climate distincte, se definesc și alte condiții speciale de climă în care sînt utilizate echipamentele electronice și care impun cunoașterea lor și felul cum influențează funcționarea echipamentelor.

— *Straturi atmosferice înalte:* vîrful munților, nave cosmice și avioane; se caracterizează prin temperatură scăzută și presiuni scăzute (temperatura scade cu înălțimea în jur de 4°C/1000 m, iar presiunea cu aproximativ 1 mmHg/100 m pînă la 1000 m înălțime, apoi rarefierea este în progresie geometrică). Densitatea aerului crește apoi în pătura ionosferei, unde și densitatea de sarcini electrice este mare. Straturile atmosferice înalte se caracterizează prin variații cu viteze mari de temperatură și presiune.

— *Vapori marini*, care prin condensare dau ceață și săruri ce se depun pe echipamente.

Condițiile normale definite în STAS 10 327-76 pentru clima temperată pentru aparate electronice destinate a fi utilizate în interior sînt:

— temperatura +5°C ... +40°C (temperatura normală +20°C ± 5°C);
— presiunea 750 ± 30 mmHg (altitudine pînă la 2000 m);
— umiditate relativă 65 ± 15% (max. 80%).

b. **Influența factorilor climatici asupra echipamentelor electronice.** *Umiditatea:* umiditatea relativă din condiții normale (80%) apare ca o peliculă de 0,01 ... 0,001 μm grosime la suprafața corpurilor. Odată cu creșterea temperaturii, grosimea peliculei se mărește și intră prin porii materialelor, dilatîndu-se prin înghețare și prin evaporare. Acționează prin coroziune asupra metalelor; asupra materialelor izolante acționează micșorînd rezistența de izolație de suprafață și de volum, scade tensiunea de străpungere; asupra circuitelor electrice acționează modificînd parametrii electrici ai componentelor electrice, înrăutățind factorul de calitate.

— *Temperatura* influențează în cea mai mare măsură echipamentele electronice prin acțiunea care o are asupra proprietăților materialelor, a componentelor electronice pasive și a dispozitivelor semiconductoare. La temperaturi ridicate metalele își modifică modulul de elasticitate, crește rezistența electrică, se deformează dilatîndu-se; la temperaturi ceva mai ridicate, aliajele se topesc. La temperatură scăzută, materialele anorganice și metalele își înrăutățesc proprietățile plastice, iar sub anumite temperaturi aceste proprietăți dispar complet; materialele plastice devin casante. Componentele electronice își modifică proprietățile, în special parametrii principali: rezistențele cresc cu temperatura, condensatoarele ceramice își modifică constanta dielectrică, foliile de polistiren se înmoaie etc.

— *Radiațiile solare* acționează prin temperatura ridicată pe care o realizează pe echipamente, dar și prin energia luminoasă ce are un rol catalizator în reacții chimice, în special prin descompunerea substanțelor organice izolante sau de protecție. Acțiunea importantă în construcția de echipamente electronice o are asupra polietilenei, modificînd rețeaua tridimensională a etilenei polimerizate.

— *Praful și nisipul*, împreună cu umiditatea relativă ridicată, scad rezistența de izolație a materialelor izolante, micșorînd tensiunea de străpungere dintre părțile conductoare aflate sub tensiune; acționează ca substanțe abrazive între părțile mecanice aflate în mișcare, provocînd crearea jocurilor; înrăutățesc contactele electrice, conducînd chiar la întreruperi în circuit.

— *Presiunea scăzută a atmosferei* modifică constantele dielectrice, factor important pentru condensatoarele variabile.

c. **Influența factorilor biologici** asupra echipamentelor electronice este în funcție de climat.

Microorganismele produc o acțiune microbiană asupra materialelor metalice, corodîndu-le prin produsele metabolice. Acționează în același mod asupra sticlei. Coroziunea microbiană asupra materialelor nemetalice este mult mai rapidă, frecventă și mai dăunătoare echipamentelor electronice, prin distrugerea izolațiilor electrice.

Acoperirea suprafețelor izolante cu mucegaiuri, bacterii, licheni, alge, ce mențin umiditate ridicată cu modificări de *p*H, determină înrăutățirea parametrilor electrici.

Factorii biologici pot avea o acțiune mecanică distrugătoare; de exemplu, deteriorarea lemnului casetelor echipamentelor electronice (radio, TV etc.) de către carii sau ciuperci lignifore; sau distrugerea de către termitele gigantice de la tropice a conductorilor îngropați, folosind ca hrană izolațiile organice și chiar cablurile din plumb.

2.1.2. CARACTERIZAREA FACTORILOR DINAMICI ȘI INFLUENȚA LOR ASUPRA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

a. **Caracterizarea factorilor dinamici.** *Vibrațiile* sînt oscilații sinusoidale caracterizate prin amplitudinea oscilațiilor Y, accelerația oscilațiilor j, frecvența de oscilație f și durata de acțiune asupra echipamentului electronic.

Mișcarea oscilatorie descrisă de ecuația de mișcare este:

$$y = Y \cos \omega t$$

$$\ddot{y} = -Y\omega^2 \cos \omega t = -\omega^2 y$$

$$A = -Y\omega^2$$

$$j = \frac{A}{g} = \frac{-\omega^2 Y}{g}$$

unde j reprezintă accelerația mecanică în unități gravitaționale.

Șocul este o solicitare mecanică sub formă de impuls, caracterizată de perioada de repetiție T și durata impulsului δ (fig. 11).

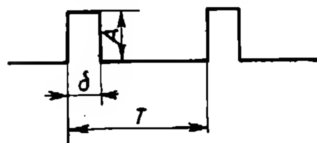


Fig. 11 Șocul mecanic de perioadă T și durată δ a impulsului.

Zdruncinarea, caracteristică transportului echipamentelor electronice reprezintă un amestec de vibrații de diverse frecvențe și șocuri mecanice.

Legănarea reprezintă o mişcare de oscilaţie în jurul axei verticale şi cu un unghi de oscilaţie mai mic de $\pm 45°$. Este o mişcare caracteristică echipamentelor electronice aflate pe vasele navelor.

b. **Influenţa factorilor mecanici.** Factorii dinamici acţionează în special asupra aparatelor portabile, în timpul transportului sau manipulării, sau asupra aparatelor întrebuinţate pe maşini de transport, nave (mişcările de tangaj şi ruliu), avioane şi rachete (şocuri puternice), automobile etc.

Acţiunea acestor factori se poate manifesta prin:

— zgomot;

— desprinderea îmbinărilor echipamentelor electronice;

— forfecări ale conexiunilor;

— scoaterea din conectare şi socluri a subansamblurilor şi componentelor;

— oboseala pieselor şi componentelor;

— la frecvenţa de rezonanţă poate fi o deteriorare parţială sau o distrugere completă a echipamentului electronic;

— uzura, procesul de distrugere a suprafeţelor de contact în timpul frecării urmat de o schimbare a calităţii, geometriei şi proprietăţilor stratului superficial al materialului, se manifestă în timp şi condiţionează durabilitatea pieselor în mişcare (comutatoare, întrerupătoare etc.) a aparatelor electronice.

2.1.3. CARACTERIZAREA FACTORILOR CHIMICI ŞI INFLUENŢA LOR ASUPRA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

a. **Caracterizarea factorilor chimici**

— Apa: aerul umed din atmosferă, împreună cu oxigenul şi alţi agenţi asociaţi.

— Apa sărată: apa în care sînt dizolvate diverse săruri.

— Acizii.

— Sulful sau unele gaze active din atmosferă.

— Secreţiile metabolice ale agenţilor biologici.

— Lumina — catalizator al reacţiilor chimice.

b. **Influenţa factorilor chimici.** Se pun probleme de influenţă a factorilor chimici şi de luare de măsuri de protecţie împotriva acţiunii acestor factori, numai în cazul echipamentelor electronice care sînt utilizate în industria chimică, metalurgică etc., adică în cazul echipamentelor electronice care funcţionează şi sînt depozitate în atmosfera unor compuşi chimici cu acţiune asupra materialelor şi construcţiei echipamentelor electronice.

Condiţiile de utilizare prevăzute în norma internă sînt urmate de măsuri de protecţie şi metode de verificare a respectării funcţionării echipamentului electronic cu parametrii normali în condiţiile de funcţionare impuse de utilizarea echipamentului.

Umiditatea ca agent chimic acţionează prin oxidarea metalelor, a acoperirilor de protecţie, a materialelor electroizolante; favorizează coroziunea electrochimică; favorizează acţiunea chimică a factorilor biologici.

Apa sărată sau ceaţa marină au o acţiune puternică de corodare a metalelor, straturilor de protecţie şi a materialelor straturilor de protecţie, din cauza clorului şi a acizilor diluaţi dizolvaţi în ea.

Acizii scot repede din starea de funcționare un echipament electronic neprotejat la condițiile unei atmosfere bogate în acizi, prin oxidare puternică și formare de săruri ce se interpun la contactele electrice.

Gazele din atmosferă acționează, de asemenea, în sensul înrăutățirii caracteristicilor componentelor și aparatelor. De exemplu, sulful provoacă sulfurarea, în special, a suprafețelor metalice (contactele electrice), iar amoniacul împreună cu apa formează acizi ce au influență dăunătoare, mai ales, asupra contactelor electrice și asupra esteticii echipamentelor electronice.

Lumina este un catalizator al reacțiilor chimice; îndeosebi radiațiile ultraviolete contribuie la descompunerea substanțelor organice utilizate în construcția echipamentelor electronice ca izolatori sau în acoperirile de protecție.

2.2. ÎNCERCĂRI ALE ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE LA FACTORI CLIMATICI ȘI MECANICI

La omologarea prototipului și omologarea seriei zero sînt necesare rezultatele încercărilor echipamentelor electronice în condiții cît mai apropiate de condițiile de exploatare, depozitare și transport. Încercările constau în măsurarea parametrilor electrici funcționali în condiții climatice (temperatură, umiditate, presiune atmosferică, straturi de apă de mare, sare) și dinamice (vibrații, șocuri, legănături) prescrise în norma internă a produsului. Încercările se efectuează în camere climatice și pe standuri de probă mecanice care creează condițiile prescrise de norma internă. Prin aceste încercări se verifică dacă produsul corespunde scopului pentru care a fost realizat, adică funcționarea în condițiile impuse. Se constată prin aceste încercări dacă au fost bine alese materialele, componentele, schemele electrice, acoperirile de protecție și stabilitatea acestora în timp, cu temperatura, umiditatea etc.

Conform STAS 10.327—1976 există:

— *încercările de tip*, care reprezintă ansamblul încercărilor ce trebuie efectuate asupra unui număr de exemplare reprezentative ale tipului, în scopul de a determina dacă un constructor poate fi considerat capabil să fabrice aparate în conformitate cu prezentul standard;

— *încercări individuale*, care sînt încercările efectuate asupra tuturor aparatelor dintr-un lot.

Încercările echipamentelor electronice se efectuează conform STAS 8393/1... 19-1969 și 1970, după cum urmează:

STAS 8393/1-69 — Încercări fundamentale climatice și mecanice pentru echipamentele electronice. Prescripții generale.
STAS 8393/2-69 — Încercare la frig.
STAS 8393/3-69 — Încercare la căldură uscată. Metode de încercare.
STAS 8393/4-69 — Încercare la căldură umedă continuă.
STAS 8393/5-69 — Încercare la căldură umedă ciclică.
STAS 8393/6-69 — Încercare la ceață salină.
STAS 8393/7-69 — Încercare la mucegai.
STAS 8393/8-70 — Încercare la presiune atmosferică joasă.
STAS 8393/10-70 — Depozitare. Metode de încercare la temperatură joasă.

STAS 8393/11-70 — Rezistență mecanică a terminalelor. Metode de încercare.
STAS 8393/12-70 — Accelerație constantă.
STAS 8393/13-70 — Cădere liberă.
STAS 8393/14-70 — Variații la temperatură.
STAS 8393/15-70 — Lipire. Metode de încercare.
STAS 8393/16-70 — Șocuri. Metode de încercare.
STAS 8393/17-70 — Cădere și răsturnare. Metode de încercare.
STAS 8393/18-70 — Zdruncinări. Metode de încercare.
STAS 8393/19-70 — Vibrații. Metode de încercare.

Condițiile impuse aparaturii radioelectronice se găsesc prezentate în:

STAS 8624-72 — Receptoare de radiodifuziune și receptoare de televiziune alb-negru. Condiții generale privind rezistența la solicitări mecanice, climatice și electrice.
STAS 8766-70 — Receptoare de radiodifuziune și receptoare de televiziune. Fiabilitate. Prescripții.
STAS 7939-72 — Radioreceptoare cu modulație de amplitudine sau de frecvență. Metode de încercare.
STAS 10.226-75 — Dispozitive pentru antiparazitare radioelectronică. Condiții tehnice generale de utilizare și securitate. Metode de încercare.
STAS 10.711-76 — Aparate electronice de măsurat. Prescripții generale privind exprimarea erorii și condițiile de măsurare.

Pentru echipamentele electronice protejate TH și THA, încercările se efectuează conform STAS-urilor de mai jos, încă nerevizuite:

STAS 6745-71 — Încercarea la acțiunea căldurii umede (înlocuiește STAS 6745.63).
STAS 6827-63 — Încercarea la acțiunea căldurii uscate.
STAS 6744-74 — Încercarea la acțiunea ceții.
STAS 6829-63 — Încercarea la acțiunea frigului.
STAS 7093-64 — Încercare la acțiunea microorganismelor solului.
STAS 6826-63 — Încercare la acțiunea nisipului și prafului.
STAS 7617-66 — Protecția climatică. Încercare la acțiunea radiațiilor solare cu surse artificiale.

Cîteva din principalele încercări din aceste standarde vor fi prezentate în cele ce urmează.

— *Încercarea de vibrație:* aparatul (echipamentul electronic) este supus unei probe de rezistență la vibrații prin baleierea frecvenței conform STAS 8393/19-70. Aparatul este fixat în poziția normală de exploatare, pe generatorul de vibrații, cu ajutorul unei curele plasate în jurul carcasei sau, dacă aparatul suportă, pe amortizoarele sale. Direcția vibrațiilor este verticală și caracteristicile sînt:

— durata 30 min;
— amplitudinea (de vîrf) 0,15 mm;
— plaja frecvențelor de baleiere 10 Hz ... 55 Hz ... 10 Hz;
— viteza de baleiere: aproximativ o octavă/min.

După această încercare aparatul trebuie să satisfacă probei de rigiditate dielectrică și parametri electrici funcționali.

— *Încercarea rezistenței la șoc:* se verifică prin aceasta capacitatea produsului de a rezista la acțiunea distrugătoare a loviturilor și de a continua să-și îndeplinească funcțiunile și după încetarea acestei acțiuni:

— încercarea de cădere: aparatul așezat în poziție normală de utilizare pe o suprafață netedă, dură și rigidă de beton sau oțel este răsturnat (basculat) în jurul unei muchii inferioare pînă ce distanța dintre muchia opusă și suprafața de încercare este de 25 mm sau pînă ce unghiul diedru dintre fața inferioară a aparatului și suprafața de încercare este de 30°, dacă această din urmă condiție este mai puțin severă. Aparatul este lăsat apoi liber să cadă pe suprafața

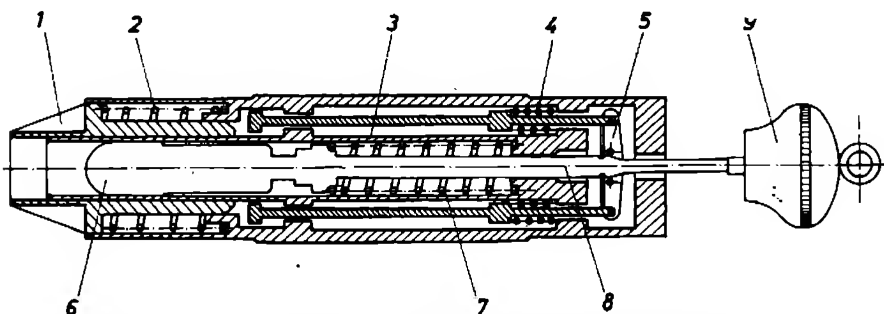


Fig. 12. Ciocanul cu arc pentru încercarea la șoc a echipamentelor electronice:
1 — con de declanșare, *2* — arcul conului; *3* — tijă de declanșare; *4* — arcul mecanismului de declanșare; *5* — fălci de declanșare; *6* — capul ciocanului; *7* — arcul ciocanului; *8* — axul ciocanului; *9* — buton de armare.

de încercare. Aparatul este supus unei căderi în jurul fiecărei dintre cele patru muchii inferioare. Nu trebuie lăsat aparatul să se întoarcă pe una din fețele adiacente în loc să recadă așa cum se prevede;

— încercarea de șoc cu ciocanul: aparatul, menținut ferm lipit de un suport rigid, este supus la serii de trei șocuri aplicate cu ajutorul ciocanului cu arc (fig. 12). Ciocanul se aplică în toate punctele suprafeței exterioare, susceptibile, în momentul unei ruperi, să lase accesibile părții periculoase la atingere, inclusiv mînere, pîrghii, butoane și dispozitive analoage, apăsînd vîrful ciocanului perpendicular pe suprafață.

După toate aceste încercări aparatul trebuie să satisfacă probei de rigiditate dielectrică.

— *Încercarea la acțiunea înălțimii:* pentru stabilirea parametrilor echipamentelor la presiune atmosferică scăzută. Se poate verifica fie la temperatura normală, fie la temperatură crescută. Aparatul este introdus în camera climatică (termobarocameră) și menținut conform prescripțiilor normei interne la presiunea și temperatura indicate; aparatul este sub tensiune, iar parametrii funcționali trebuie să se încadreze în limitele erorilor indicate de norma internă. După scoaterea din barocameră se examinează vizual.

— *Încercarea stabilității la temperatură:* în camera climatică la temperatura maximă indicată de condițiile de funcționare se menține aparatul între 30 min și 6 ore, în funcție de aparat; parametrii funcționali trebuie să se încadreze în limitele indicate de norma produsului.

— *Încercarea stabilității la umezeală:* aparatul este menținut în camera climatică cu umiditate relativă 95 ... 98% și temperatura maximă indicată de condițiile tehnice, timp de 24 ore sau mai mult în funcție de tipul apara-

tului; parametrii electrici funcționali ai aparatului sînt măsurați cu aparatul în camera climatică și trebuie să fie în limitele normale de funcționare. Odată cu această probă se măsoară și rigiditatea dielectrică.

— *Încercările la camera climatică* sînt de cele mai multe ori încercări combinate, care caută să imite condițiile de funcționare ale unui echipament electronic. De exemplu, încercările la limitele de temperatură (maximă și minimă prevăzute în domeniul nominal de funcționare) se efectuează la cele două valori limită ale tensiunii de alimentare a echipamentului electronic considerate în limitele normale de funcționare ($U + 15\%$ și $U - 10\%$).

2.3. PRINCIPALELE METODE DE PROTECȚIE A ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE LA INFLUENȚA FACTORILOR CLIMATICI ȘI MECANICI

Prin protecție climatică se înțelege complexul de măsuri tehnice, constructive, tehnologice prin care se asigură protecția produselor împotriva acțiunii dăunătoare a factorilor climatici în funcție de domeniul de utilizare al produsului respectiv.

Protecția la factori climatici și mecanici constă în esență în:

— construirea aparatelor cu materiale rezistente la acești factori;

— proiectarea construcției astfel ca să se evite influența factorilor;

— execuția mecanică mai îngrijită (fără urme ce să rețină apa);

— etanșarea produselor sau părților sensibile din aparat împotriva presiunii, umidității, prafului și nisipului;

— utilizarea unor acoperiri de protecție corespunzător scopului și condițiilor climatice.

STAS 6692-63 — Tipuri de protecție climatică — este standardul în vigoare care prezintă tipurile de protecție în funcție de funcționarea echipamentelor electronice în aer liber, sub acoperiș sau în încăperi închise:

— protecție normală pentru clima temperată de interior sau exterior (notată cu N = normalis);

— protecție pentru echipamentele electronice destinate a fi utilizate în zonele cu climă rece F (frigidus);

— protecție pentru echipamentele electronice care sînt exploatate în zonele cu climă caldă T (tropicus), uscată TA (aridus) și climă caldă umedă TH (humidus);

— protecție pentru echipamente electronice care sînt utilizate pe vasele maritime;

— protecție pentru echipamentele electronice ce sînt utilizate în medii active (industria chimică, metalurgie, acoperiri electrochimice etc.).

2.3.1. PRINCIPALELE METODE DE PROTECȚIE LA INFLUENȚA TEMPERATURII ASUPRA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

a. *Alegerea materialelor* rezistente la variația de temperatură impusă prin condițiile de utilizare ale echipamentului electronic, rezistente la vitezele de variație a temperaturii impuse de condiții.

b. *Alegerea componentelor pasive și active* special folosite pentru variații mari de temperatură.

c. *Alegerea schemelor electrice* astfel încît regimul de funcționare al diferitelor componente să fie combinat cu temperatura:

— scheme electronice cu compensare termică: cu termistoare, condensatoare cu coeficient negativ de temperatură, sau scheme de reglaj automat (reglaj automat de amplificare, reglaj automat de frecvență);

— alegerea unor scheme electronice în care variația elementului influențat cel mai mult de temperatură să nu intervină în parametrii electrici principali ai circuitului.

d. *Alegerea construcției corespunzătoare:*

— așezarea componentelor astfel ca cele cu sensibilitate la variații de temperatură să fie cît mai depărtate de punctele și componentele ce se încălzesc în timpul funcționării;

— așezarea componentelor astfel încît cele care ajung la temperaturi ridicate în timpul funcționării să fie în locurile accesibile degajării căldurii;

— componentele cu temperaturi ridicate în timpul funcționării nu trebuie să fie tangibile din exteriorul echipamentului pentru a proteja personalul ce utilizează și manevrează aparatul;

— construcția cu sisteme de răcire a echipamentului electronic; răcirea prin curent de aer să aibă loc la sistemul sertar (rack) și cînd unul din sertare este scos; curentul de aer să nu fie împiedicat prin neglijența operatorului (obiecte așezate pe aparat etc.);

— termostatarea subansamblurilor funcționale (termostatare parțială) sau a întregului aparat (termostatare totală).

Problemele de alegere de scheme electronice pentru protecția la variații mari de temperatură, probleme de răcire și calculul regimului termic al diverselor construcții de blocuri funcționale și de aparate electronice se rezolvă în cadrul aplicațiilor la acest capitol.

2.3.2. PRINCIPALELE METODE DE PROTECȚIE LA ACȚIUNEA RADIAȚIEI SOLARE ASUPRA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Protecția importantă ce se face contra efectelor radiațiilor solare este introducerea unor substanțe absorbante în polietilenă, substanță mult utilizată în industria constructoare de echipamente electronice ca material izolant, ornamental, de susținere și în multe cazuri înlocuiește metalele. Introducerea unor absorbanți face ca radiațiile solare, și în special radiațiile ultraviolete, să nu mai distrugă legăturile C—H, N—H, C—C ale polietilenei, ci să fie absorbite în rețeaua lor. Se folosesc absorbanți care păstrează transparența polietilenei, ca de exemplu: benzotriazoli, salicilați, dibenzoil rezorcinol, clorhidroxibenzifenona, sau, atunci cînd transparența și culoarea polietilenei nu este o condiție, protecția polietilenei la acțiunea radiațiilor solare se face prin introducerea în polietilenă a unui agent de ecranare și anume negru de fum.

2.3.3. PRINCIPALELE METODE DE PROTECȚIE LA ACȚIUNEA FACTORILOR BIOLOGICI

Protecția la acțiunea factorilor biologici se face prin:

— ștergerea periodică a aparatelor, expunerea la radiații solare, ultraviolete sau încălzire electrică periodică și menținerea unei umidități care să împiedice formarea mucegaiurilor etc.;

— folosirea în construcție și fabricație a unor materiale ce rezistă sau nu sînt atacate de microorganisme;

— includerea în compoziția materialelor a unor substanțe fungicide;

— impregnarea materialelor sau acoperirea lor cu soluții ce conțin agenți fungicizi.

2.3.4. PRINCIPALELE METODE DE PROTECȚIE LA ACȚIUNEA APEI, PRAFULUI ȘI NISIPULUI

Anual, cam 20% din producția mondială de fontă și oțel se distruge din cauza coroziunii. Principalele metode de protecție constau în etanșarea subansamblurilor sau echipamentului, cu ventilarea locurilor ce o necesită. Etanșarea se realizează cu materiale protejate la acțiunea umezelii, prafului și nisipului. Metodele de protecție se bazează pe acoperirea suprafețelor metalelor și materialelor izolante cu substanțe și straturi de protecție rezistente la umezeală.

Acoperirile de protecție pot fi clasificate în trei tipuri:

— acoperiri de protecție contra coroziunii;

— acoperiri de protecție și cu rol decorativ, care pe lîngă rolul protector are rol decorativ;

— acoperiri de protecție speciale, care dau proprietăți speciale suprafețelor acoperite: de exemplu, cromarea cu rol de protecție și cu rol de a ridica rezistența la uzură, argintarea ca strat de protecție, care mărește conductibilitatea electrică, cadmierea aluminiului și aliajelor de aluminiu ca strat de protecție și în același timp face posibilă lipirea.

2.3.4.1. ACOPERIRI GALVANICE, CHIMICE ȘI ELECTROCHIMICE

Operații pregătitoare. În funcție de natura metalului de acoperit și de impuritățile existente pe el se folosește întreagă gamă a operațiilor pregătitoare sau numai o parte din ele.

1. *Degresarea:* constă în îndepărtarea grăsimilor, a uleiurilor minerale și vegetale de pe suprafețele metalice folosind solvenți organici, soluții alcaline sau printr-o degresare electrochimică sau cu ultrasunete. Ca solvenți organici se folosesc: solvenți inflamabili (benzină, petrol, toluen) sau solvenți neinflamabili (tricloretilenă și percloretilenă). Soluțiile alcaline de degresare sînt soda caustică, fosfat trisodic, carbonat de sodiu, silicat de sodiu (scufundarea pieselor metalice în soluțiile alcaline la o temperatură de 80—90°C timp de 20—30 min). Degresarea electrochimică constă în tratarea anodică sau tratarea catodică a pieselor în soluții alcaline calde cu o densitate de curent de 3 ... 5 A/dm^2.

2. *Decaparea:* reprezintă îndepărtarea oxizilor de pe suprafeţele metalice fie pe cale chimică, fie electrochimică. Decaparea chimică se realizează în băi acide (acid sulfuric, clorhidric, florhidric, azotic) sau hidruri (de exemplu Metal O + NaH = Metal + NaOH), în funcţie de metalul de decapat, la o temperatură dictată, de asemenea, de metalul pieselor. Decaparea electrochimică, mai puţin utilizată din cauza preţului mai ridicat, se face în aceleaşi băi acide, la o temperatură între 65 ... 80°C, cu o densitate de curent aprox. 5 A/dm^2.

3. *Spălarea şi uscarea:* spălarea după degresare şi decapare pentru recuperarea soluţiilor de degresare, respectiv decapare, în jeturi cu apă rece. Piesele mici sînt uscate în centrifugă, iar piesele mari sînt spălate în apă fierbinte şi uscate în rumeguş. În instalaţiile moderne spălarea se face în apă deionizată, iar uscarea în cuptoare tunel.

4. *Curăţarea mecanică:* înseamnă îndepărtarea ruginei, sau a neregularităţilor suprafeţelor pieselor metalice cu perii de sîrmă cu mîner sau circulare, pietre abrazive, pile sau sablare (cu nisip cuarţos, sau alice de oţel).

5. *Curăţirea şi lustruirea în tobe şi clopoţi:* constă în debavurarea şi lustruirea pieselor turnate, ştanţate şi forjate şi în tăierea muchiilor ascuţite ale pieselor pentru obţinerea unor raze mici de rotunjime. Şlefuirea brută se face cu nisip, piatră ponce măcinată; şlefuirea fină se realizează în argilă flotată, piatră ponce fină. Lustruirea se execută cu piatră ponce foarte fină, argilă flotată, rumeguş de esenţă tare (fag, arţar, ulm), piele măcinată. Lustruirea cu piele şi rumeguş este uscată; dar şlefuirea şi lustruirea se face în funcţie de metal cu diverse soluţii: apă, sodă, apă oxigenată, apă distilată, acid sulfuric etc. Piesele şi soluţia trebuie să ocupe cel mult o jumătate din volumul tobei sau clopotului.

6. *Şlefuirea şi lustruirea mecanică:* are drept scop îndepărtarea asperităţilor de la suprafaţa pieselor în vederea realizării unei acoperiri decorative. Şlefuirea se execută cu discuri abrazive (lemn plută, piele, pîslă), lustruirea cu discuri din pînză, păr, iarbă de mare, iar materialul abraziv se aplică în timpul lustruirii sub forma unei paste.

7. *Lustruirea electrochimică sau chimică* se face în băi formate din acid sulfuric, acid azotic, acid fosforic, acid acetic, acid percloric, acid citric sau glicerină, unde are loc o dizolvare a părţilor proeminente ale suprafeţei. Lustruirea chimică este mai simplă, ieftină şi cu productivitate mai ridicată, dar luciul este neuniform.

Depuneri electrochimice de metale. 1. *Zincarea* este recomandată pentru climat temperat continental. Se aplică pieselor din aliaje feroase din interiorul echipamentelor electronice. Dacă zincarea este urmată de o pasivizare, depunerea nu se mai pătează la atingerea cu mîna. Acoperirea are loc în soluţie de crom hexavalent şi se obţin coloraţii de curcubeu; piesele zincate lucios prin pasivizare capătă un aspect argintiu lucios, strălucitor.

Îndepărtarea acoperirilor defecte de zinc se face prin dizolvare în soluţii acide diluate (acid clorhidric sau sulfuric).

2. *Cadmierea,* recomandată pentru climat tropical şi marin, foloseşte electrolit acid (sulfat sau florat de cadmiu) sau cianuri. Pasivizarea se face în soluţie de anhidridă cromică, acid azotic sau sulfuric. Lustruirea acoperirilor de cadmiu se realizează în apă oxigenată şi acid sulfuric concentrat. Îndepărtarea acoperirilor defecte de cadmiu are loc în soluţie de 10% azotat de amoniu.

3. *Cuprarea* este un strat intermediar de depunere a nichelului pe piesele din metale feroase, cu avantajele: este uşor de lustruit, asigură o bună aderenţă pe metalul feros, înlocuieşte jumătate din metalul ce se depune apoi (care poate fi în afară de nichel, aur sau argint). Se folosesc electroliţii: sarea de cianură complexă, cupru monovalent, sodiu şi potasiu, sau electroliţi acizi. Îndepărtarea depunerilor de cupru defecte se face cu anhidridă cromică şi acid sulfuric concentrat.

4. *Nichelarea* prezintă rezistenţă mare la coroziune atmosferică, la anumiţi agenţi chimici, oferă aspect plăcut. Se folosesc electroliţii: sulfat şi cianură de nichel; anoizi din nichel laminaţi sau turnaţi (nichelul electrolitic strică depunerile din cauza impurităţilor). Nichelarea poate fi lucioasă, mată sau neagră. Nichelarea neagră este o acoperire de nichel la care electrolitul este bogat în sulfaţi; este o acoperire decorativă. Îndepărtarea acoperirilor defecte de nichel se face cu acizi concentraţi (azotic, sulfuric), azotat de potasiu şi glicerină.

5. *Cromarea* se face atît în scop protector, cît şi decorativ; cromul se depune în strat subţire peste o depunere de nichel (Ni—Cr sau Cu—Ni—Cr) recomandate în climat marin, tropical, laboratoare de chimie, industrie chimică şi metalurgică; fiind o acoperire puternic lucioasă este şi un strat de protecţie la radiaţii solare. Acoperirea decorativă de crom este de grosime 0,25 ... 0,5 μm. Acoperirea de crom dur este folosită la: axe, matriţe de ambutizare, matriţe pentru materiale plastice, filiere, calibre etc. Acoperirea de crom poros este de grosime 0,1 ... 0,3 mm, care după cromare este urmată de o corodare anodică. Se folosesc electroliţii: anhidridă cromică şi acid sulfuric. Îndepărtarea acoperirilor defecte de crom se face prin dizolvarea anodică sau soluţie de acid clorhidric 1:1.

6. *Stanarea* este acoperirea de protecţie faţă de acizi organici, coroziune atmosferică şi prezintă avantajele: lipire uşoară, depunerea cu electroliţi netoxici. Se stanează conexiunile ce urmează a se lipi cu aliaje de cositor, tablă şi sîrmă (stanare termică), şasie de aparate, papuci. Se folosesc electroliţi: soluţii acide sau alcaline. Depunerile de staniu sînt alb-mate: luciul se obţine prin tratament termic în apropierea punctului de topire a staniului.

7. *Argintarea* are aspect decorativ, fiind în acelaşi timp o acoperire specială cu rol de a mări conductibilitatea electrică. Pentru a fi şi acoperire de protecţie (deoarece argintul în prezenţa compuşilor sulfuroşi se acoperă cu o peliculă cenuşie) împotriva compuşilor sulfuroşi, se face o pasivizare în crom haxavalent în soluţie cu apă distilată. Ca electrolit se foloseşte cianura de argint şi de potasiu. Îndepărtarea straturilor de argint se realizează electrochimic, în soluţie de cianură de potasiu.

8. *Aurirea* oferă rezistenţă chimică deosebită (doar de acidul clorhidric este atacat), conductibilitate electrică mare. Ca electroliţi se folosesc: cianuri, ferocianuri, acizi. Îndepărtarea acoperirilor cu aur se face prin tratarea anodică în cianură de potasiu a pieselor acoperite; extragerea aurului pentru recuperare din soluţie se face cu praf de zinc. Contactele (conectorii) şi circuitele imprimate de calitate superioară pe întreaga suprafaţă metalică se acoperă cu aur. La aurire, problema aderenţei şi a porozităţii este rezolvată dacă suprafeţele de acoperit sînt fără defecţiuni, curate, iar atmosfera este lipsită de impurităţi gazoase. Dacă elementul de bază este cuprul, acesta în prezenţa umidităţii şi a hidrogenului sulfurat, devine anod, iar aurul catod şi are loc o oxidare cu o viteză mare; dacă metalul de bază este nichelul, acesta este

atacat mai puternic de bioxidul de sulf, decît de hidrogenul sulfurat. La cupru și argint, reacția are loc invers. Dacă stratul de aur este de 2 μm, atunci se indică ca strat intermediar nichelul; stratul de nichel este o barieră de difuziune între cupru și aur. Porozitatea stratului de aur este o funcție de această difuzie, dar și de microstructura și puritatea stratului de bază; cu cît structura stratului de bază este mai fină, cu atît porozitatea este mai mică. De porozitatea stratului de aur depinde și posibilitatea de sudare a circuitelor imprimate. Stratul de aur fără pori se sudează cel mai bine. Posibilitățile de sudare depind mult de puritatea stratului. Cînd se corodează cu clorură ferică sau acid cromic, stratul intermediar de nichel este atacat și are loc o subcorodare. Nichelul nu este atacat de soluțiile de corodare alcaline pe bază de amoniac și săruri de amoniu. La acoperiri cu staniu sau staniu-plumb are loc același fenomen. Un strat subțire de aur este de obicei poros. Dacă acest strat se sudează prelungit, el este dizolvat în staniu, și se formează un aliaj cu legătură de sudare insuficientă între staniu și nichel.

Conectoarele circuitelor imprimate sînt aurite; aurirea se face direct pe cupru, sau, pentru a reduce la 1/3 grosimea acoperirii de aur (de la 6 μm la 2 μm), se folosește o acoperire intermediară de nichel de 5 ... 10 μm.

9. *Depuneri de aliaje:* se pot obține proprietăți foarte variate prin combinarea metalelor. Alămirea dă un luciu puternic, ca electrolit se folosesc cianuri de cupru sau zinc, anozii sînt din alamă; se obțin acoperiri cu un conținut de 66% cupru și 34% zinc. Bronzuirea folosește ca electroliți cianuri de cupru și staniu; anozii sînt din cupru-staniu; se obține o acoperire cu un conținut de peste 80% cupru. Aliajul staniu-zinc dă o protecție la coroziune foarte bună; poate înlocui depunerile de cadmiu. Aliajul de staniu-nichel dă luciu, duritate mare (între nichel și crom), rezistență mare la coroziune. Ambele depuneri de aliaje sînt ieftine și pot înlocui depuneri costisitoare cu protecție foarte bună în mediul umed; ca electroliți se folosesc cloruri și floruri.

Tratamente chimice și electrochimice ale suprafețelor metalice. Folosesc pentru acoperiri de protecție, decorație sau cu rol de acoperire intermediară a compușilor anorganici. Exemple de acoperiri utilizate în construcția de echipamente electronice sînt date în continuare.

1. *Brunarea* înseamnă acoperirea cu săruri de sodiu a metalelor feroase. Procedeul de acoperire este fierberea în băi (sodă caustică, azotat de sodiu, azotit de sodiu).

2. *Fosfatarea* se face prin fierbere sau la rece, chimic sau electrochimic; se acoperă suprafețele metalelor cu fosfați pentru a se obține o aderență bună a straturilor de vopsea.

3. *Pasivizarea* este un tratament de suprafață a suprafețelor metalice. A fost prezentată în cadrul zincării și cuprării.

4. *Eloxarea* înseamnă oxidarea anodică a aluminiului și a aliajelor aluminiului. Sînt trei posibilități de a proteja piesele din aluminiu și din aliajele sale: cromatarea (sau conversia chimică), eloxarea și acoperirea cu materiale plastice. Stratul de oxid de aluminiu la suprafața pieselor din aluminiu sau din aliaje de aluminiu asigură protecția cea mai bună la umezeală, rezistență la uzură, rezistență termică și rezistență electrică mare (peliculă izolatoare); asigură o aderență foarte bună straturilor de vopsea. Oxidarea se realizează în soluții de acid sulfuric, acid oxalic, soluții de cromați și fosfați. În funcție de compoziția soluției sau prin utilizarea unor coloranți direcți, se pot obține pelicule de oxid de aluminiu colorate; deci și efect decorativ.

2.3.4.2. Vopsirea

Metoda de protecție a suprafețelor prin vopsire este mai avantajoasă decît acoperirea prin depuneri galvanice, deoarece: se pot acoperi uniform suprafețe mai mari, piese sudate și îmbinate, materia primă este ieftină, mai puțin toxică decît electroliții din băile galvanice (cianurile), instalațiile de acoperire și uscare mai puțin costisitoare decît băile galvanice. Se pot acoperi atît piese metalice, cît și piese din lemn.

Procesul tehnologic de acoperire prin vopsire este descris în continuare.

1. *Pregătirea suprafețelor prin curățirea suprafețelor de oxizi, grăsimi* etc. Se folosesc degresanți organici. Pentru fiecare piesă, subansamblu se iau măsurile de curățire corespunzătoare.

Lemnul trebuie să fie uscat, cu o umiditate mai mică de 12%, curățat de grăsime, praf, corpuri străine și cu suprafața netedă.

Materialele plastice se curăță cu solvenți organici sau se spală cu apă și săpun.

2. *Grunduirea* se execută imediat după uscarea suprafețelor curățate, pentru a nu se murdări acestea din nou. Grundul stabilește legătura dintre suprafața de acoperit și vopsea. Grundul poate fi aplicat cu pensula, stropit sau prin imersie; se poate usca în aer liber sau în cuptor. Ca material peliculogen, grundul poate fi: pe bază de ulei, pe bază de lac sau pe bază de derivați celulozici. Grundul anticoroziv este grundul cu inhibitori activi de coroziune: miniul și superminiul de plumb. Aplicarea se face în strat uniform de grosime 15 ... 20 μm.

3. *Chituirea* înseamnă umplerea porilor, defecțiunilor suprafețelor, deja grunduite cu chit, care nu aderă direct la suprafața metalului. Chitul este un lac pe bază de rășină alchidică sau epoxidică, cu umplutură de cretă, barită, microazbest. Chitul nu trebuie dat în strat gros, altfel crapă. După uscare se șlefuiește cu șmirghel, piatră ponce etc.

4. *Vopsirea* se face cu un strat sau mai multe straturi cu:

— vopsea: suspensii de pigmenți în diferite substanțe peliculogene; aspectul este semilucios;

— email: lacuri pigmentate cu conținut mare de liant, cu sau fără umplutură. Puterea de acoperire este mai mică decît a vopselelor, de aceea, se dă în mai multe straturi; după uscare, emailul este dur și lucios;

— lac: soluții de rășini cu sau fără adaos de ulei; după uscare, pelicula este transparentă, lucioasă.

Emailurile și lacurile cu uscare în cuptor, cele mai utilizate în industria constructoare de echipamente electronice, sînt lacuri alchidice modificate (cu amine, melamină), lacuri epoxidice, siliconice.

Lacurile și emailurile cu uscare lentă în aer (pe bază de uleiuri vegetale) sînt cu ulei de in, floarea-soarelui sau ricin.

Emailurile și lacurile cu uscare rapidă sînt derivați celulozici nitro emailuri și nitro alchidice.

Procedeele de aplicare a vopselei pe suprafața pregătită sînt:

— pensulare: pentru piesele la care uscarea este în aer;

— imersie: pentru piesele mici;

— stropirea la cald: vopseaua este încălzită în serpentine cu apă sau ulei; stropirea se face la o presiune de 5 ... 7 atmosfere;

— stropirea sub presiune: este avantajoasă, deoarece la o presiune de 40 ... 50 atmosfere se elimină aerul și solventul;

— vopsirea în cîmp electrostatic: avantajoasă în special pentru acoperirea pieselor mici, deoarece peste 95% din vopsea este reținută pe piese; se pretează la automatizare. Între anod și catod se aplică o diferență de potențial de 100 kV (curent 0,1 mA), piesele sînt legate la catod, iar la anod pistolul de stropit (instalații statron);

— vopsirea prin transport schematic este prezentată în fig. 13: piesa de vopsit se deplasează pe role sau pe o masă cu deplasare de du-te-vino;

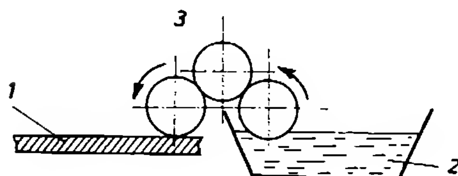


Fig. 13. Vopsirea prin transport:
1 — piesa de vopsit; *2* — rezervor cu vopsea; *3* — valțuri.

printr-un sistem de valțuri vopseaua este transportată din rezervor pe suprafața de vopsit. Procedeul este utilizat la acoperirea scîndurilor, suprafețelor plane din materiale plastice, inscripționarea etichetelor, scalelor etc.

Lacurile și emailurile alchidice nu au o rezistență bună în timp; sînt indicate pentru acoperirea pieselor ambutizate. Lacurile pe bază de rășini de policondensare (esterificate sau epoxidice) sînt stabile în timp, mate ca aspect; se recomandă acoperirea pieselor ce lucrează în condiții de umiditate mare. Lacurile pe bază de rășini modificate (clor cauciuc) sînt indicate acoperirii pieselor ce lucrează în medii corozive și TH.

Emailurile și lacurile cu uscare în cuptor au rezistență bună la umiditate și căldură (TH și TA), sînt dure, au proprietăți mecanice ridicate și aspect decorativ: pot fi mate sau lucioase, sub formă de email flori de gheață, lac încrețit, email cu aspect lovitură de ciocan, email luminiscent, email sidefos. Temperatura de uscare în cuptor este funcție de compoziția lacului sau emailului, între 100 și 180°C, iar timpul de uscare variază între 15 și 300 min.

Casetele realizate în Institutul de Cercetări Electronice folosesc pentru vopsitorie vopsea de bază de poliuretan cu efecte diferite, ce se usucă la temperatura camerei. Emailul poliuretic sau emailul cu efect este realizat în R. S. România. Operațiile tehnologice sînt cele descrise la acoperirea prin vopsire: pregătirea suprafețelor (curățire mecanică: perie, frecare cu șmirghel), curățire chimică (decapare în acid clorhidric, neutralizare cu sodă pentru casetele din tablă de fier, iar pentru casetele din tablă de aluminiu: decapare în sodă și neutralizare în acid azotic), spălare la apă curentă, uscare, grunduirea (pulverizare la 2 atm), uscare (20 min la 20 ... 25°C), vopsirea de acoperire la 2,5 ... 3 atm cu email poliuretanic și întăritor cînd se obține un grund relativ de 30 ... 40 μm; al doilea strat se dă în funcție de efectul dorit: efect mai mare — distanța pistol — piesă 150 ... 200 mm la o presiune de 0,3 ... 0,8 atm; efect mai mic — distanța pistol — casetă 250 ... 300 mm la o presiune de 0,8 ... 1,5 atm.

2.3.4.3. Metalizarea

Metalizarea este acoperirea de protecție cu un strat de metal prin procedeele: imersie, pulverizare cu pistolul sau pulverizare în vid.

— *Metalizarea prin imersie.* Reprezintă acoperirea diferitelor piese cu un strat de metal, prin introducerea piesei în baia cu metal de acoperire topit. Astfel, se obține cositorirea terminalelor componentelor electronice și a contactelor prin introducerea acestora în baia de 60% Sn și 40% Pb la 240°C de asemenea, acoperirea tablei de fier cu un strat de protecție de zinc prin introducerea tablei în zinc topit la 450°C. Materialele plastice nu se acoperă prin imersie în metal topit, din cauza temperaturii ridicate a băii cu metal.

— *Metalizarea prin pulverizare cu pistolul:* Topirea metalului cu care se face acoperirea se realizează fie prin topirea sub acțiunea unui jet de gaze aflat la temperatură ridicată, fie prin arc electric. Se fac acoperiri prin acest procedeu cu zinc, plumb etc.; în mod deosebit, acest procedeu este utilizat la astuparea unor defecte de suprafață rezultate din fabricația pieselor.

— *Metalizarea prin pulverizare în vid:* La o presiune foarte scăzută, temperatura de vaporizare a metalelor este, de asemenea, scăzută; prin încălzire electrică într-o incintă vidată (cel puțin 10^{-4} mmHg) se pot depune prin vaporizare diferite metale: Ag, Au, Pt, Pd, Ru, Ir, Ti, Cr, Ni, Cu, Zn, Al etc., materiale semiconductoare: Ge, Si, C, B. Depunerea se poate realiza atît pe un suport metalic, cît și pe diferite alte suporturi: sticlă, cuarț, diferite materiale plastice. Cea mai utilizată acoperire prin metalizare a materialelor plastice, în industria echipamentelor electronice este acoperirea polistirenului cu aur sau argint. Acoperirile prin metalizare cu evaporare în vid sînt acoperiri de protecție, dar și acoperiri funcționale; se realizează prin această tehnică ochelari de protecție, filtre de interferență, oglinzi reflectante și circuite electronice.

2.3.4.4. Impregnarea

Impregnarea este o acoperire de protecție cu lacuri electroizolante; se pot acoperi materiale organice fibroase (fire și țesături de bumbac, mătase, hîrtie, carton etc.), materiale anorganice (fire și țesături de sticlă, azbest, mică etc.). Impregnarea este o acoperire de protecție contra temperaturilor ridicate, umidității (climă tropicală, umedă și uscată); îmbunătățește rezistența termică, mecanică, rigiditatea dielectrică, răcirea prin mărirea transferului de căldură a suprafețelor acoperite.

În funcție de scopul urmărit, în principal, de lacul de impregnare și de piesele și componentele ce urmează a fi impregnate se aleg fie lacuri pe bază de rășini naturale, care sînt solubile în alcool, fie lacuri pe bază de uleiuri sicative (adică uscarea se obține prin evaporarea solventului), fie lacuri pe bază de rășini sintetice (de exemplu lacul de bachelită etc.). Lacurile sintetice au calități mai slabe de aderare la suprafețe; sînt mai puțin utilizate. Procesul tehnologic de impregnare constă din următoarele operații:

— preîncălzirea și deshidratarea pieselor ce urmează a fi impregnate, în aer, cuptoare sau în vid, în funcție de baza tehnologică a întreprinderii și calitățile ce se scontează a se obține;

— impregnarea prin unul din procedeele:

● prin imersie: scufundarea pieselor în lacul de impregnare, pînă cînd dispar bulele de aer de la suprafață; este în funcție de compoziția lacului, temperatură etc.

● prin pensulare: pentru piesele mari și greu de imersat;

● în tambure: prin agitare mecanică a pieselor mici (din pertinax, textolit, bobine mici etc.);

● prin turnare: prin turnarea din linguri a lacului de impregnare pe piesele mari realizate din materiale nehigroscopice;

● impregnare cu pistolul: pe înfășurările fierbinți se stropește cu lac aderent;

— scurgerea: timp de 30 ... 60 minute se lasă să se scurgă surplusul de lac de impregnare, printr-o răsturnare cu 180° față de poziția în care s-a executat impregnarea;

— evaporarea solventului sau uscarea se face în funcție de lacul de impregnare, în cuptor sau în vid;

— relăcuirea suprafețelor neimpregnate corect se realizează nu cu lacul de impregnare, ci cu un lac de acoperire în 1 sau 2 straturi;

— controlul se realizează în timpul și la sfîrșitul fiecărei operații din procesul tehnologic pentru reușita impregnării. Controlul final constă în măsurarea la cald a rezistenței de izolație.

2.3.5. PRINCIPALELE METODE DE PROTECȚIE LA ACȚIUNEA FACTORILOR DINAMICI

Diminuarea factorilor dinamici se realizează prin utilizarea unor amortizoare corespunzătoare, iar la dimensionarea elementelor, pe această bază, se folosesc încercările pe mașinile speciale.

În mod deosebit, pentru evitarea rezonanței, cînd pulsația proprie a sistemului, p, este egală cu pulsația forței sau a momentului exterior, ω, ce acționează asupra sistemului, trebuie luate măsuri speciale, deoarece amplitudinea oscilațiilor crește foarte mult.

Calculul la vibrații urmărește evitarea fenomenului de rezonanță ($\omega \neq p$) și determinarea domeniului de funcționare optimă ($\omega/p > \sqrt{2}$), [14].

De cele mai multe ori, din cauza complexității problemei, efectele factorilor dinamici nu pot fi micșorate numai prin calcul.

Măsurile practice care se iau pentru protecția la acțiunea factorilor dinamici sînt:

— rigidizarea componentelor și pieselor prin măsuri constructive utilizînd nervuri, aripi, blocări cu șaibe, vopsea etc.;

— alegerea jocurilor optime între piesele în mișcare;

— echilibrarea părților rotitoare ale aparatului;

— utilizarea dispozitivelor speciale de micșorare a vibrațiilor: moderatoare și amortizoare.

Capitolul 3

CONSTRUCȚIA PĂRȚILOR MECANICE ALE ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Un echipament electronic este format din:

— elemente mecanice: șasiu, carcase, casetă, scoabe de prindere, socluri, ecrane, butoane, suporturi de diverse repere, cose etc.

— elemente electrice: componente electronice active și pasive, subansambluri funcționale mecano-electrice (transformatoare, difuzoare, instrumente de măsurare, microfoane etc.).

Construcția și tehnologia de fabricație a părților mecanice ale echipamentelor electronice au fost prezentate în cadrul unor cursuri de specialitate în primii ani de studii (Tehnologia materialelor, Mecanisme și Organe de mașini, Mecanică). În cartea de față vor fi reamintite principalele procedee utilizate la construcția părților mecanice ale echipamentelor electronice.

3.1. ASAMBLĂRI MECANICE

Punctele de legătură cu scop de asamblare a două sau mai multe piese, mecanice, componente electronice sau subansambluri funcționale, pentru a se obține forma finală a construcției, definesc îmbinările mecanice. O îmbinare corectă îndeplinește următoarele condiții: nu deformează sau solicită piesele dobîndite din operațiile anterioare, realizează o îmbinare cît mai rigidă, este stabilă în încercările de durată și fiabilitate accelerate, este aleasă corespunzător materialelor și scopului pieselor de îmbinat.

Îmbinările asigură asamblarea împotriva desfacerii accidentale:

— prin forța de coeziune sau adeziune a materialului ce servește ca mijloc de îmbinare (asigurarea prin material, sudură, lipire);

— prin forță a pieselor îmbinate (forță de stringere, șurub, arc, îmbinări prin stringere, ajustaj etc.);

— prin formă, bazat pe formele speciale ale pieselor ce participă la îmbinare (îmbinări prin nervurare, urechi, imprimare, fălțuire, lărgire sau îngustare etc.).

Îmbinările pot fi executate la temperatura mediului — îmbinări la rece (șuruburi, pene, arcuri, nituri, încleiere, sudură la rece etc.) sau la cald (sudură, lipire, încastrare în materiale plastice etc.).

După poziția pe care o ocupă piesele una față de cealaltă în îmbinare, îmbinările sînt suprapuse, cap la cap sau în unghi.

O asamblare cu participarea numai a pieselor de îmbinat este o îmbinare directă; asamblarea cu piese de legătură sau cu adaosuri (element de asamblare) este o îmbinare indirectă.

Asamblările nedemontabile sînt îmbinări ce nu pot fi desfăcute decît prin distrugerea unei părți a construcției.

Asamblările demontabile sînt îmbinări ce fac posibilă desfacerea fără distrugerea elementului de asamblare.

3.1.1. ÎMBINĂRI NEDEMONTABILE

3.1.1.1. Îmbinări prin sudură

Sudura este procedeul de îmbinare a pieselor cu compoziții apropiate, prin aducere în stare lichidă sau plastică prin încălzirea locului de îmbinare. Se poate folosi sau nu material de adaos:

Sudura poate fi:

— prin topire (autogenă, cu arc electric);

— prin presiune care realizează înmuierea materialelor, piesele trebuind să fie bine presate pentru a se îmbina (sudura la rece, sudura prin puncte).

Sudura cu gaz se folosește la îmbinarea tablei de oțel sau a barelor profilate din aluminiu, cupru, alamă, zinc, plumb, argint. Încălzirea pentru topirea materialului de adaos se obține prin aprinderea unui gaz combustibil (de obicei, acetilena) în oxigen. Amestecul acetilenă-oxigen se face în arzător. Se obține o temperatură de 3 100°C. Arzătorul are o mișcare oscilatorie în timpul sudurii, descriind un zig-zag pe piesele de îmbinat.

Sudura cu arc electric poate fi directă, cînd un electrod este piesa de sudat, iar cel de-al doilea electrod este bara metalică ce amorsează arcul, sau indirectă, cînd cei doi electrozi sînt două bare metalice, piesa încălzindu-se prin radiație. Arcul electric se obține prin aplicarea între electrozi a unei tensiuni care determină ionizarea aerului din jurul electrozilor. Se utilizează de obicei descărcarea unui condensator. Stabilitatea arcului este mărită prin aplicarea în spațiul de aprindere a unui curent de înaltă frecvență (300 ... 500 kHz). Electrodul de sudură are miezul din bară de oțel, iar învelișul electrodului este silicat de sodiu amestecat cu diverse pulberi și constituie fluxul dezoxidant. Portelectrodul asigură un contact bun și sigur și permite înlocuirea rapidă a electrozilor. Sudura cu arc permite automatizarea: electrodul este de lungime mare, sub formă de colac de sîrmă, sîrma trece prin role de ghidare acționate de un electromotor; avansul este automat pe măsura topirii sîrmei.

Sudura cu arc electric este utilizată la realizarea contactelor electrice din argint-oxid de cadmiu, cupru-tungsten, argint-tungsten, sau alte metale refractare pe suporturi din cupru, în fabricarea releelor, conectoarelor și în sudura termocuplelor.

Sudura prin puncte este cel mai utilizat procedeu în construcția părților mecanice ale echipamentelor electronice. Piesele de sudat sînt presate între doi electrozi de cupru prin care trece un curent de intensitate mare (densitate de curent între 100 ... 200 A/mm², fig. 14. Productivitatea este mare, aproximativ 2 000 puncte/oră. Piesele care se sudează trebuie să introducă

cît mai puține materiale magnetice între electrozii de sudură. Pentru a nu se deforma conturuirile prin încălzirea produsă de scînteie, nu trebuie să se prevadă puncte de sudură la părțile rotunjite. Curățirea și decaparea de oxizi a suprafețelor de îmbinat trebuie făcută cu multă grijă, ținînd seama că sudabilitatea metalelor este o măsură a curățeniei suprafețelor de sudat și a proprietății acestora de a se umezi metalurgic cu metalul de sudură.

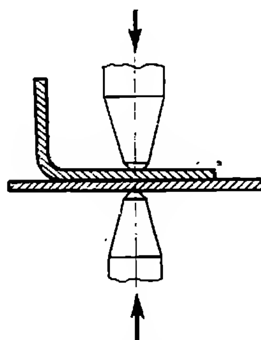


Fig. 14. Sudura prin puncte.

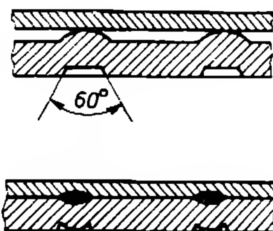


Fig. 15. Sudura prin puncte în relief.

Sudura prin puncte în relief este un procedeu asemănător sudurii în puncte doar că una din suprafețele de îmbinare (piesa de grosime mai mare) este prelucrată înainte, astfel că are mici proeminențe, care concentrează curentul de sudură în momentul îmbinării (fig. 15). Asamblarea se obține simultan în toate punctele în care sînt practicate proeminențe. Zona de sudură se încălzește puțin, piesele nu se mai deformează. Electrozii au suprafață mare de lucru.

Proiectarea constructivă a pieselor trebuie să asigure accesul la punctele de sudură cu electrozi normali, să evite utilizarea dispozitivelor speciale.

Sudura la rece se face prin presarea materialelor de îmbinat la temperatura ambiantă, fără material de adaos. Presiunea aplicată provoacă deformarea plastică a materialelor. Procedeul se aplică la sudarea materialelor care sînt suficient de plastice la temperaturi joase (aluminiu, cadmiu, plumb, alamă, zinc). Presiunea se aplică brusc sau progresiv. Se folosesc presiuni de la 100 kgf/cm^2 (Pb-Pb) pînă la 5 500 kgf/cm^2 (alamă-oțel).

Sudura se folosește în industria electronică nu numai în realizarea îmbinărilor părților mecanice, dar și pentru asamblarea componentelor electronice. Deoarece căldura ce se degajă în procesul de sudură este localizată, sudura este în multe cazuri indicată în locul lipirii electronice, din cauza efectelor de solicitare termică induse în componente mult reduse.

Pentru prima dată s-a pus problema utilizării sudurii electrice a componentelor electronice în anul 1963, cînd asamblarea microdiodelor prin lipire cu cositor nu a dat rezultatele scontate. Cuprul nepretîndu-se la sudură electrică, s-au făcut încercări de a depune pe cale chimică diverse metale pe cupru. S-a obținut astfel o sudură electrică satisfăcătoare numită *metoda Nickel-Kanigen* (brevetul de invenție aparține americanului Kanigen). Sudurile de acest tip au o fiabilitate foarte ridicată. Cu același procedeu s-au obținut

găuri metalizate, rezistența electrică a unei traversări de pe o parte pe cealaltă a cablajului imprimat fiind mai mică de 0,1 Ω.

Sudura prin rezistență electrică. În prezent, sudura terminalelor componentelor și a firelor de conexiune se realizează în principal prin două metode, ținînd seama că metoda de sudură trebuie să îndepărteze învelișul izolator al firelor de conexiune și al cablurilor electrice și apoi să realizeze îmbinarea.

Prima metodă care se utilizează, prezentată în figura 16, folosește doi electrozi care prin încălzire cu curent alternativ îndepărtează izolația prin topirea acesteia, apoi prin alimentarea acelorași electrozi cu un impuls de curent continuu produce asamblarea, asemănător sudurii normale.

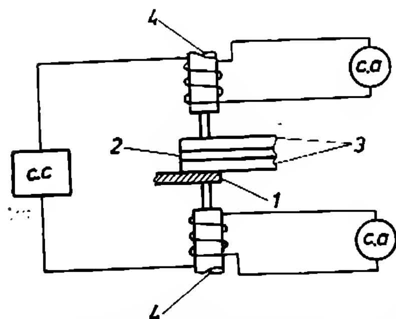


Fig. 16. Sudura cablului flexibil plat la terminal prin procedeul cu doi electrozi:

1 — terminal (pin); *2* — conductorul cablului flexibil; *3* — izolația cablului flexibil; *4* — electrozi.

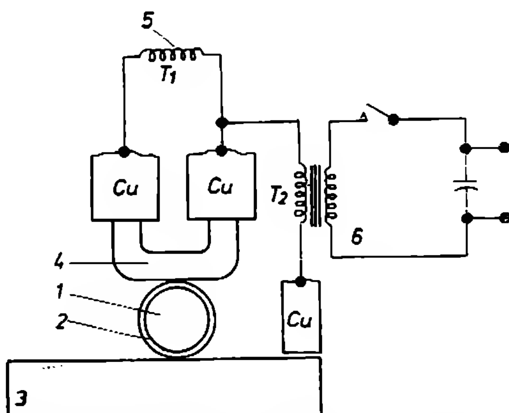


Fig. 17. Sudura la terminale a conductorilor izolați cu poliuretan în industria calculatoarelor electronice:

1 — conductor de cupru (Ø0,075 mm); *2* — poliuretan; *3* — terminal; *4* — molibden Ø0,5 mm; *5* — sursă de putere pentru topirea izolației (400—500 A, 1—3 ms); *6* — sursă de putere pentru sudură (100—300 A, 1—3 ms).

Un exemplu de sudură bazat pe acest principiu este prezentat în figura 17 și este utilizat la sudura capetelor conductorilor izolați cu poliuretan în industria calculatoarelor electronice [16].

Cea de a doua metodă, mai recentă, utilizează un al treilea electrod, care șuntează curentul alternativ necesar pentru evaporarea sau topirea izolației conductorului ce trebuie sudat. Pe măsură ce materialul izolant se evaporă, rezistența electrică scade brusc și tensiunea continuă declanșează aprinderea între electrozii *1* și *3*, (fig. 18), care produce sudura. Se poate, de asemenea, realiza sudura, utilizînd un puls de curent alternativ în locul tensiunii continue.

Se pot suda fire de conexiune sau cabluri flexibile plate din Ni sau Cu izolate cu Mylar, vinil, teflon ș.a. De asemenea, se îmbină prin sudură componentele electronice pe circuite imprimate cu substrat flexibil din sticloepoxid și nichel depus electrochimic de 7 mm grosime (fig. 19) [17].

În microelectronică, asamblarea componentelor discrete (beamlead) pe circuitele hibride se realizează, de asemenea, prin sudură. Procedeul utilizează doi electrozi paraleli (fig. 20, *c*), care determină prin curgerea curentului electric de sudură de la un electrod la celălalt, să aibă loc mai mult o îmbinare prin difuzie, deoarece nu are loc o topire a celor două metale. Stratul poate

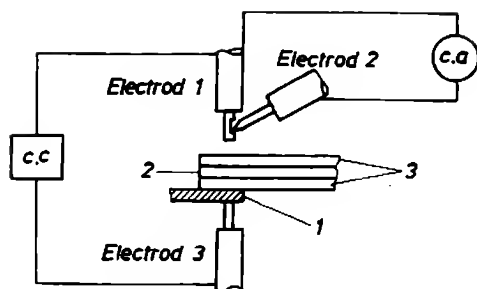


Fig. 18. Sudura conexiunilor izolate prin metoda celor trei electrozi:

1 — terminal, *2* — conductor, *3* — izolație.

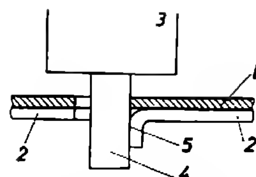


Fig. 19. Sudura componentelor pe cablaj imprimat cu nichel:

1 — substrat din steclotextolit; *2* — folie de nichel; *3* — componentă electronică; *4* — terminalul componentei; *5* — suprafața de îmbinare.

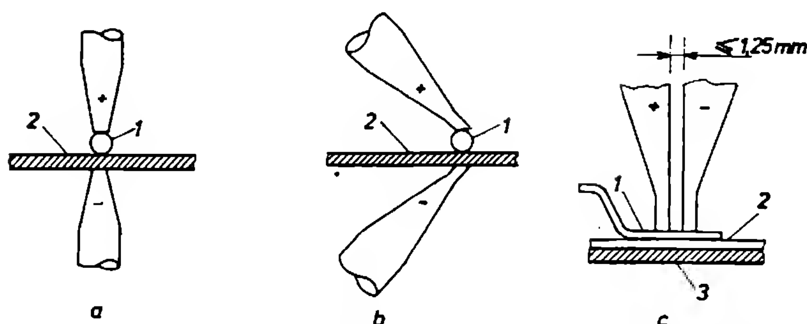


Fig. 20. Poziția electrozilor în sudura electrică:

a — electrozi opuși; *b* — electrozi înclinați; *c* — electrozi paraleli; *1* — fir de conexiune; *2* — terminal; 3 — substrat.

avea grosimea mai mică de 10 μm, iar terminalul componentei electronice discrete de cel mult 0,13 mm.

Sudura cu electrozi paraleli are mai multe variante practice reprezentate în figura 21. La sudura serie, electrozii au o distanță între ei de cel puțin 1,25 mm și este recomandată atunci cînd nu este accesibilă piesa pe care se face sudura (fig. 21, *a*); în urma trecerii curentului electric unidirecțional de la un electrod la celălalt, prin piesele de îmbinat rezultă două puncte de sudură (fig. 21, *b*).

Industria electronică a aplicat în ultima vreme noi tehnici de obținere a căldurii pentru realizarea sudurii, pe lîngă sudura prin rezistență electrică.

Laserul (light amplification by stimulated emission of radiation) utilizează energia mare a fasciculului luminos pentru a dezvolta căldura necesară sudurii (fig. 22). Energia fasciculului luminos este convertită în energie termică la suprafață, iar prin conducție termică pătrunde la locul îmbinării. Spotul poate fi focalizat de la 0,0025 mm la 0,5 mm diametru. Energia este reglată din puterea sursei de alimentare și dimensiunea spotului. Fasciculul de energie prea mare produce vaporizarea materialului, iar fasciculul de

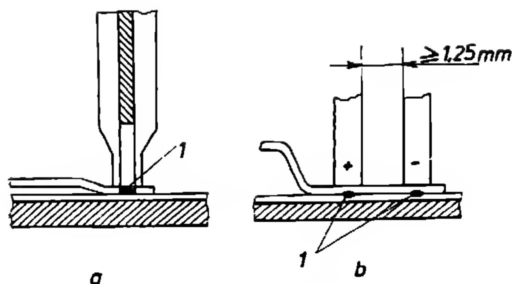


Fig. 21. Sudura paralelă:
1 — sudura.

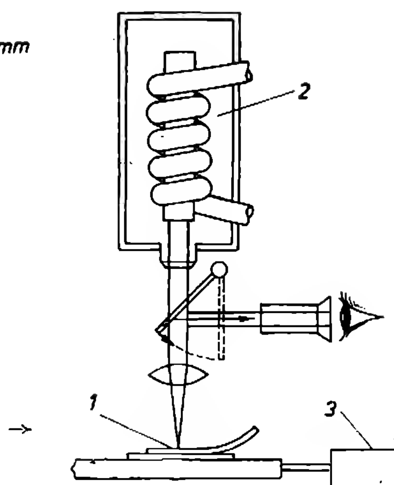


Fig. 22. Sudura cu fascicul laser:
1 — terminal; 2 — laser; 3 — micropoziționer.

energie prea mică nu realizează sudura. Se folosește sudura cu fascicul laser a terminalelor plate pe cablaje imprimate cu nichel și chiar cupru.

Sudura cu ultrasunete este o metodă de îmbinare a metalelor în stare solidă. Piesele ce urmează a fi sudate sînt strînse între capul traductorului ultrasonor și un suport rigid (fig. 23). Vibrația de înaltă frecvență provoacă o mișcare moleculară și o dislocare de material, care, prin încălzire din cauza mișcării particulelor, ajută la difuzia acestora. Sudura prin vibrație este utilizată în industria microcircuitelor (aluminiu pe aluminiu), la sudura contactelor din metale prețioase (aur, argint, platină, paladiu) în construcția releelor și comutatoarelor, la sudura terminalelor bobinelor din aluminiu, la realizarea joncțiunilor termocuplelor (de exemplu, oțel constantan) suduri în medii inflamabile, sudura pieselor din aluminiu (antene, radiatoare etc.).

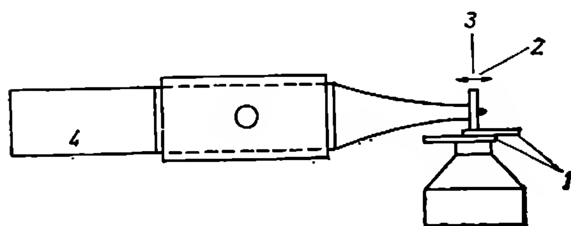


Fig. 23. Sudura cu ultrasunete:
1 — piesele de îmbinat; 2 — direcția de vibrație; 3 — sensul forței de apăsare 4 — traductor.

Sudura cu fascicul electronic este utilizată pentru interconectarea ansamblurilor electronice. În figura 24 se prezintă schematic o instalație de sudură cu fascicul electronic. Se poate realiza o densitate de pînă la 2—3 suduri/mm^2, procesul fiind ușor de controlat, eficient, reproductibil și de mare fiabilitate. Sudura cu fascicul electronic se utilizează în asamblarea componentelor active și pasive pe circuitele hibride TSS și TSG, la ermetizări, la asamblări de metale refractare pentru joncțiuni de termocuplu, asamblarea beriliului, aluminiului, aliajelor de titan, molibden, tungsten, asamblări de cupru-aliaje de cupru.

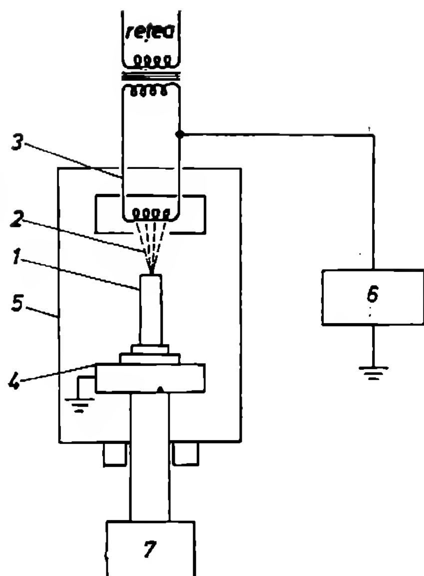


Fig. 24. Sudura cu fascicul de electroni:
1 — piesele de sudat; 2 — fascicul de electroni focalizat; 3 — filament din tungsten; 4 — sistem de prindere; 5 — cameră vidată; 6 — sursă de înaltă tensiune; 7 — poziţioner.

3.1.1.2. Îmbinări prin lipire

Lipirea este procesul de îmbinare a metalelor prin încălzire la temperaturi, în general, sub 650°C, folosind metale neferoase de umplutură ce au temperatura de topire sub cea a metalelor de bază.

Subliniem că lipirea foloseşte material de adaos de compoziţie diferită faţă de cel al pieselor de îmbinat şi care are temperatura de topire mai mică cu cel puţin 50°C decît a materialelor pieselor ce sînt îmbinate prin lipire.

Rezistenţa asamblării prin lipire este mai mică în comparaţie cu cea în cazul sudurii, deoarece forţele şi momentele exterioare sînt preluate de stratul de aliaj dintre suprafeţele pieselor lipite.

După temperatura de topire a aliajului de lipit [18], asamblările prin lipire sînt cu:

— aliaje de lipit moi, la care temperatura de topire este mai mică de 450°C (plumb, staniu, zinc, cadmiu, indiu, galiu); se utilizează cînd se cere conductivitate electrică bună sau etanşeitate, iar temperatura de funcţionare nu depăşeşte 100°C;

— aliaje de lipit tari, cu temperatura de topire peste 450°C (cupru, zinc, aluminiu, aur, argint, platină etc.); se utilizează cînd se cere o rezistenţă mai mare. Aliajele de cupru-zinc (alamă de lipit) sînt fragile, nu se utilizează la asamblarea pieselor supuse la şoc sau vibraţii.

La lipirea pieselor din metale uşoare, diferenţierea între lipirea tare şi lipirea moale se face pe baza conţinutului aliajului de lipit în metale grele (aproximativ 50% metale grele în aliaj la lipirea moale, 30% metale grele la lipirea tare).

Ca decapant, pentru înlăturarea oxizilor ce s-ar putea forma în timpul procesului de lipire prin încălzirea pieselor de lipit, se utilizează fluxuri (colofoniu şi alcool, borax).

Procedeele de lipit sînt următoarele:

— lipirea moale cu aliaj staniu-plumb cu ciocanul de lipit;

— lipirea moale şi lipirea tare cu flacără;

— lipirea prin scufundare în aliajul topit de lipit;

— lipirea electrică prin curenţi de înaltă frecvenţă realizînd încălzirea pieselor şi a aliajului de lipit;

— lipirea prin undă staţionară: trecerea cablajelor imprimate cu piesele implantate prin dreptul unei unde staţionare create în baia de lipit; dezavantaj: cît timp trec prin unda de aliaj topit, componentele se pot deteriora din cauza timpului lung (pentru componentele active de circuit);

— lipirea în baia de aliaj de lipit cu agitarea suprafeţei, produsă prin agitarea întregii mase de aliaj topit cu ajutorul unei plase.

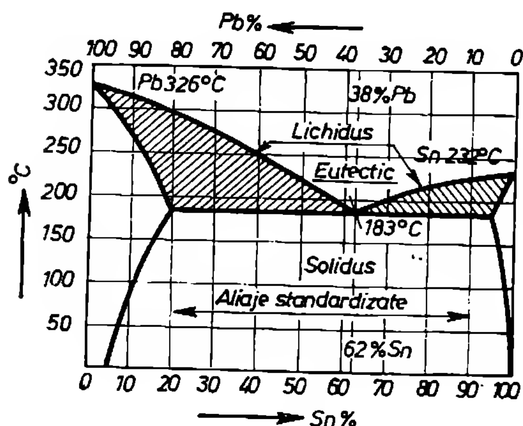


Fig. 25. Diagrama de echilibru a aliajelor Sn—Pb.

Lipirea moale în electronică, utilizată pentru asamblarea pieselor slab solicitate mecanic, care nu se încălzesc puternic în timpul funcţionării şi care oferă o rezistenţă electrică de contact mică, foloseşte aliaje cu staniu şi plumb.

Diagrama de echilibru a aliajelor Sn-Pb este prezentată în figura 25. Temperatura de topire a staniului pur este 232°C, iar a plumbului pur 326°C. Aliajul cu 62% Sn şi 38% Pb formează un eutectic cu punctul de topire la 183°C. Faţă de eutectic, se definesc aliaje de topire cu diferite intervale de topire. În construcţia echipamentelor electronice se utilizează aliaje de lipire cu interval mic de topire. Aliajul cu 90% Sn şi 10% Pb are un interval de topire de aproximativ 50°C, faţă de aliajul cu 20% Sn şi 80% Pb, care are un interval de topire de aproximativ 100°C.

Impurităţile existente în aliajele de topit Sn-Pb pot avea influenţe nefavorabile în lipirea componentelor electronice. De exemplu, antimoniul reduce conductibilitatea electrică a îmbinării şi fragilizează lipitura; se acceptă maxim 0,12% antimoniu în aliajul de lipit. Aluminiul şi zincul înrăutăţesc capacitatea de umectare şi de întindere, de aceea se limitează conţinutul la 0,002% în aliaj al acestor metale. Se limitează, de asemenea, la 0,015% arseniu în compoziţia aliajului Sn-Pb, deoarece arseniul reduce fluiditatea aliajului de topit.

Aliajele de lipire moale standardizate în R.S.R. sînt specificate în STAS 96-1966. În tabelul 2 sînt prezentate aliajele de lipire moale STAS 96-1966 utilizate în construcția echipamentelor electronice.

Tabelul 2

Aliaje de lipire moale pentru electronică

Marca	Compoziția chimică			Impurități % maxim							Temp. informativă	
	Sn	Sb	Pb	Sb	Cu	Fe	Zn	Al	Bi	As	Solid	Lichid
Lp40Sb	40 ± 1	2,3 ... 2,8	rest	—	0,10	0,02	0,002	0,002	0,25	0,02	183	235
Lp60	60 ± 1	—	rest	0,12	0,10	0,02	0,002	0,002	0,1	0,01	183	190
Lp65	65 ± 1	—	rest	0,12	0,10	0,02	0,002	0,002	0,1	0,01	183	183

La lipirea moalc în electronică o problemă deosebită este lipirea cablajelor imprimate cu acoperiri galvanice (aur, argint). În figura 26, *a* se prezintă la o scară mărită lipirea de scurtă durată pe un strat galvanic: picătura de aliaj de lipit după solidificare realizează o umectare bună (revărsarea picăturii în multe unghiuri de umectare), dar fondantul (decapant pentru înlăturarea oxizilor) rămîne în resturi aproape de picătura de lipire; aceasta în-

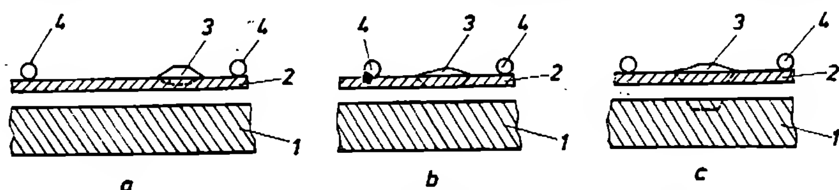


Fig. 26. Lipirea cablajelor imprimate acoperite galvanic:
1 — folie de cupru; *2* — strat galvanic de aur; *3* — lot; *4* — fondant.

seamnă că timpul de lipire este scurt, stratul galvanic (de exemplu, aurul) se dizolvă parțial în perla de lipire, care nu a dat nici o reacție cu stratul de bază, cuprul. Este o lipire bună cu stratul galvanic, dar nu cu cuprul; deci, calitatea lipirii depinde de contactul între stratul galvanic și cupru (procesul galvanic: electroliți, adaosuri, densitate de curent, tensiune aplicată).

La un timp de lipire ceva mai lung (fig. 26, *b*), resturile fondantului se solidifică la o distanță mai mare de perla de lot, locul lipirii este mult mai plat și la aceeași cantitate de lot, este mai împrăștiat (unghiurile de umectare sînt pregnant ascuțite); lotul pătrunde pînă la limita dintre stratul de cupru și aur, fără ca să existe o difuzie a perlei de lipire în cupru. Perla de lipire îmbogățită cu aur are o viteză de umectare a cuprului mult mai mică decît a lotului în cupru direct. Într-o lipire de lungă durată locul de lipire este mult împrăștiat, dar difuzia în stratul de bază, în cupru, este funcție de curățenia în oxizi a interferenței cupru-aur, deci, depinde de procesul de depunere galvanică. La straturi de aur subțiri, locurile de lipire se pot desprinde ușor (din cauza lipirii de durată lungă) și apare cuprul care este aparent lustruit la suprafață (decapat). Deoarece locul de lipire trebuie să arate lustruit (decapat), ciocanul de lipit trebuie să realizeze o lipire de scurtă durată.

Condițiile de depunere galvanică și controlul științific permanent asigură lipirea corectă în construcția echipamentelor electronice.

Singurul criteriu de a se considera lipire corectă este zona de difuzie ce se formează între lot şi cupru (difuzie reciprocă între cupru şi staniu-plumb). Zona trebuie să se formeze omogen, fără întreruperi, astfel calitatea locului de lipire se apropie de un contact de lipire rece. Nu există nici un proces galvanic la care printr-o simplă acoperire galvanică cu un metal să se formeze un strat de difuzie.

Lipirea Reflow are următorul proces tehnologic: se stanează circuitul imprimat cu Sn 60 Pb 40 într-o grosime de cel puţin 15 μm; se scufundă apoi cablajul în ulei la 215°C timp de cîteva secunde pentru topirea precipitatului de staniu. Dacă stratul de cupru nu este curat, lotul topit fuge de locurile cu strat subţire de oxizi care împiedică reacţia lotului cu cupru fără fondant, deşi în aceste locuri cuprul este aparent curat. Se adaugă în ulei activatori, care în timpul topirii curăţă zonele de cupru de oxizi, iar lotul topit se poate împrăştia şi forma zona de difuzie. După realizarea acestei topiri, în orice loc pe cablajul imprimat se poate face o lipire uniformă corectă şi bună.

Deoarece acest procedeu este greu de realizat, se caută să se obţină prin procese galvanice rezultate cît mai apropiate:

— prin curăţenie deosebită a proceselor de depuneri galvanice;

— prin stanarea de scurtă durată (chimică, fără curent electric) cu staniu pur, urmată imediat de o stanare galvanică cu Sn-Pb 60/40. La ambele aceste procedee, grosimea precipitatului galvanic trebuie să fie cel puţin de 15 μm.

Distanţa dintre stratul galvanic şi metalul de bază este cu atît mai mică cu cît curentul şi tensiunea aplicate pentru depunere sînt mai mici, şi cu cît suprafeţele sînt mai curate. De aceea, cea mai mică distanţă se obţine la o stanare fără curent a cablajelor imprimate, la care are loc doar un singur schimb ionic.

La lipirea cablajelor imprimate cu acoperiri galvanice pot apărea următoarele probleme deosebite şi care impun luarea unor măsuri:

— Dezlipirea straturilor galvanice în timpul lipirii din cauza unor degajări de gaze (hidrogen) ce s-au format prin mînuirea greşită a procesului galvanic. Prin încălzirea cu ciocanul de lipit, hidrogenul se elimină repede şi total.

— Salturi de structură, adică straturi bine definite în structura stratului galvanic care dau viteze diferite de dizolvare în lotul lichid din cauza unor întreruperi în curentul electric la depunerea galvanică.

— La galvanizarea găurilor metalizate ale cablajelor dublu placate, contururile găurilor cu alte condiţii de depunere decît restul suprafeţelor de depunere. Metalizarea găurilor depinde de materialul de bază şi de felul în care au fost realizate găurile (ştanţare sau găurire). În timpul lipirii se pot produce ruperi, astfel că o gaură metalizată nu mai poate fi privită în acest caz ca o legătură electrică. NASA [17] introduce un fir conductor ce este lipit pe ambele feţe ale cablajului (numai în găurile metalizate care nu au componente pe ele) (fig. 27), procedeu adoptat şi de Bell Laboratories şi Western Electric Comp.

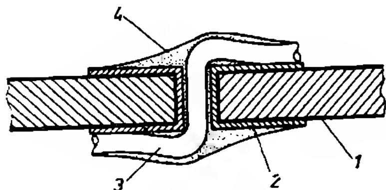


Fig. 27. Trecere conductoare pentru găurit metalizate:
1 — substrat; 2 — cupru depus electrochimic; 3 — fir de conexiune din cupru; 4 — aliaj de lipire.

— Cablajele imprimate ce sînt introduse direct în conectoare cu contacte multiple se auresc la contacte, deoarece cuprul oxidează ușor. Deoarece nu se pot elimina rezistențele de tranziție între cupru și aur, se recomandă ca aurirea să se realizeze în plus cu cîțiva milimetri pe traseele conductoare ce fac legătura la contacte, pentru ca stratul de aur să fie lipit cu aliaj de lipit la traseele conductoare pe aceste porțiuni prelungite, astfel ca să se scurt-circuiteze rezistențele de contact de tranziție de la cupru la stratul galvanic de aur. În cazul în care depunerea galvanică este în strat de grosime suficient de mare încît să poată prelua întreaga intensitate de curent prin traseele conductoare, rezistența de tranziție, de aderență a stratului galvanic la cablajul imprimat nu deranjează performanțele ce se scontează a se obține cu cablajul proiectat.

— Straturile galvanice prea subțiri sînt poroase; la ele aderă vapori și gaze ce pot fi elemente de corodare. Nu sînt indicate pentru lipire.

Testarea straturilor galvanice pentru a fi apte lipirii moi, în electronică, se realizează prin tăierea unor probe (fîșii din cablajele imprimate) la care se adaugă o singură dată fondant (înainte de lipire) și apoi se introduc în aliaj de lipit la 250 ... 300°C de 5 ... 10 ori prin scufundări timp de 1,5 s. Dacă apar greutăți de umectare, înseamnă că materialul nu este curat pentru a fi apt de lipire și orice lipire ulterioară pe astfel de straturi nu este de calitate. Aceste scufundări repetate în baia de lipit imită cercetările și reparările în timpul depanării prin mai multe procese de lipire.

3.1.1.3. Îmbinări prin deformații plastice

Prin mărirea dimensiunilor transversale prin batere sau presare în detrimentul lungimii unei piese se obține o îmbinare nedemontabilă ce se pretează la mecanizare și automatizare, cu productivitate ridicată. Nu necesită califificare ridicată.

Îmbinarea se poate face fie prin deformația plastică a unui element intermediar, fie prin deformația plastică a uneia din piesele de îmbinat.

Îmbinarea prin nituire prin care se pot ansambla piese metalice (bare profilate, tablă etc.), piese din lemn, carton, materiale plastice etc. Nituirea

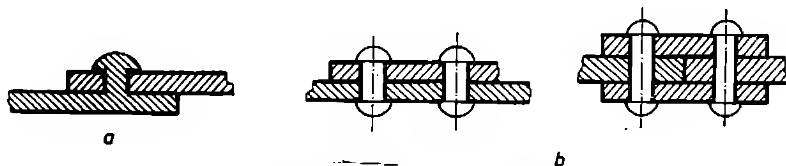


Fig. 28. Îmbinarea prin nituire:
a — nituirea directă; b — nituirea indirectă.

directă se face pe baza tijelor de nit ce aparțin uneia din piesele de îmbinat (fig. 28). Nituirea indirectă folosește material de adaos (nitul). Nituirea se poate realiza cap la cap, sau nituire suprapusă. Îmbinarea cap la cap prin nituire se realizează cu eclise pentru piesele profilate sau suprapuse cu gușeu.

Îmbinarea de articulație folosește un singur nit trecut prin piesele ce se articulează; capul nitului nu trebuie bătut prea tare.

Îmbinarea de etanșare necesară la realizarea carcaselor etanșe (containere, cutii), se realizează cu nituri subțiri așezate des, care se ștemuiesc după nituire cu ciocanul. Se pot intercala garnituri.

La îmbinarea de rezistență niturile transmit forțele de la o piesă la cealaltă în asamblare.

Niturile cu corpul plin se fac din oțel moale, cupru, aluminiu, alamă. Niturile tubulare folosesc materiale moi: cupru, alamă, aluminiu.

În cazul în care se impune realizarea prin asamblare și a unui contact electric, se utilizează nituri din argint sau aliaj platină-indiu.

Îmbinarea prin îndoire. Asamblarea se realizează prin îndoirea marginii unei piese peste marginea celeilalte.

Îmbinarea prin sertizare sau răsfrîngere se poate face pe un contur închis (ce formează un traseu circular, oval, poligonal) sau deschis (fig. 29, *a*); piesa ale cărei margini sînt răsfrînte este dintr-un material mai moale decît materialul piesei pe care se face răsfrîngerea.

Îmbinarea prin fălțuire se folosește la îmbinarea pieselor din tablă (fig. 29,b).

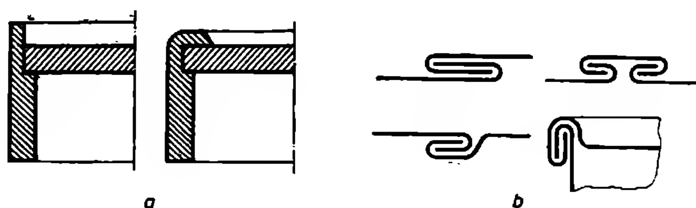


Fig. 29. Îmbinarea prin îndoire:
a — asamblarea prin răsfrîngere; *b* — îmbinarea prin fălțuire.

Îmbinarea prin urechi se realizează prin îndoirea unor urechi ce aparțin uneia din piesele de asamblat ce sînt introduse în fante practicate corespunzător în piesa cu care se face asamblarea. Se utilizează la confecționarea regletelor (de exemplu asamblarea pieselor din tablă subțire între ele sau cu materiale izolante, fig. 30).

Îmbinarea prin nervurare utilizează nervurile realizate în piesele de îmbinat (fig. 31).

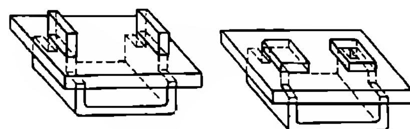


Fig. 30. Îmbinarea prin urechi.

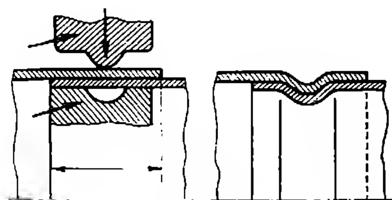


Fig. 31. Îmbinarea prin nervurare.

Îmbinările prin lărgire sau îngustare se fac prin îngustarea unei piese (sau lărgirea) în locul prevăzut special în piesa cu care se face asamblarea (fig. 32).

Îmbinarea prin îndoire se realizează la piese din materiale moi (oțel moale, aluminiu, alamă, tablă de oțel cositorită) cu piese din materiale ce pot suporta forța de apăsare necesară realizării îmbinării.

Îmbinarea prin încastrare (fig. 33) se utilizează în special la îmbinarea pieselor din material plastic cu metal sau metal cu sticlă.

Una din piese este adusă la început în stare lichidă sau păstoasă, iar prin solidificare în formă se realizează legătura cu cealaltă piesă.

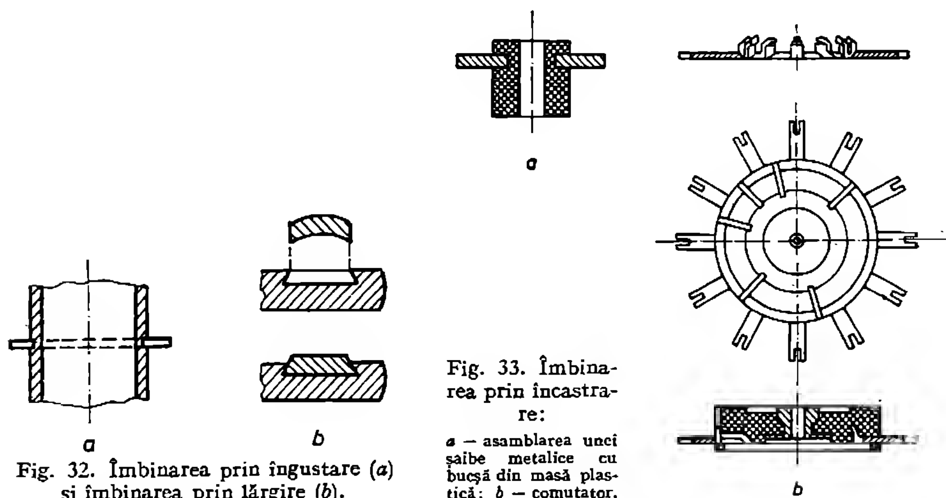


Fig. 32. Îmbinarea prin îngustare (*a*) și îmbinarea prin lărgire (*b*).

Fig. 33. Îmbinarea prin încastrare:
a — asamblarea unei șaibe metalice cu bucșă din masă plastică; *b* — comutator.

Metalul fluid (aliaje de zinc, de aluminiu) se toarnă în forme, iar piesele care se încastrează din oțel, bronz sau alamă se ancorează în forma de turnare.

Materialul plastic este presat în stare semivîscoasă în forma din oțel, în care, de asemenea, sînt bine ancorate piesele cu care urmează să se facă îmbinarea.

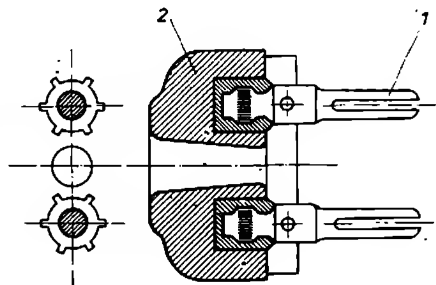


Fig. 34. Îmbinare prin încastrare metal-material ceramic (știfturile de contact la o fișă electrică):
1 — alamă; *2* — steatit.

Sticla este încălzită și adusă în stare plastică și apoi turnată. Îmbinările în sticlă se utilizează la fabricarea lămpilor electrice, electronice, becuri incandescente.

3.1.1.4. Îmbinarea prin încleiere

Îmbinarea prin încleiere se realizează pe baza adeziunii pieselor de îmbinat (adsorbția și orientarea moleculelor) la stratul de clei întărit interpus între piese. Rezistența îmbinării crește odată cu suprafața de încleiere. Stratul de adeziv este subțire, între 0,01 și 0,1 mm.

Încleierea lemnului. Lemnul își modifică volumul odată cu umiditatea mediului ambiant în mod diferit în funcție de orientarea fibrelor. Suprafețele de îmbinat se aleg astfel încît tensiunile care se produc din cauza deformărilor inegale pe diferite direcții să se compenseze.

Încleierea izolațiilor de hîrtie se utilizează în tehnologia de fabricație a carcaselor elementelor bobinate (fig. 35). Se folosesc cleiuri pe bază de amidon,

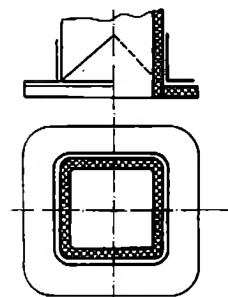


Fig. 35. Asamblare prin încleiere a unei carcase de bobină.

șerlac, clei de oase, lac de bachelită sau rășini sintetice. Pentru mărirea rezistenței la străpungere, după încleierea părților componente ale carcasei, se impregnează în vid cu lac de bachelită sau lac gliftalic. Se pot încleia hîrtie, preșpan, hîrtie uleiată între ele, dar și cu metale, sticlă etc. (de exemplu, la realizarea instrumentelor de măsurare). Ca material de lipire se folosește dextrina. Se presează apoi uniform suprafețele pieselor asamblate.

Încleierea metalelor se realizează cu șerlac diluat în alcool. Contaminarea suprafețelor de asamblat, decaparea acestora și uneori sablarea lor contribuie la reușita îmbinării prin încleiere a metalelor. Îmbinarea constă în acoperirea suprafețelor cu un strat de șerlac, piesele sînt apoi suprapuse, după care urmează încălzirea lor pentru a se evapora alcoolul și pentru a se întări șerlacul. Cînd se urmărește obținerea unei izolări electrice a pieselor ce urmează a se îmbina nedemontabil prin încleiere, între ele se introduce hîrtie de condensator sau preșpan subțire. Dintre rășinile sintetice, pentru încleierea metalelor se folosește rășina epoxidică.

3.1.1.5. Îmbinări prin chituire

Se utilizează îmbinarea prin chituire la asamblarea pieselor care intră parțial sau total una în cealaltă. Asamblarea se realizează prin interpunerea unui material (chitul) în stare plastică și întărirea lui. Chitul se aplică în strat mai gros decît cleiul; aceste îmbinări se folosesc mai ales pentru etanșare ca îmbinare suplimentară. Se folosesc chituri care se întăresc prin transformare fizică (chituri de topire: se încălzesc pentru a se înmuia, apoi prin răcire se solidifică; de exemplu, chitul de colofoniu, ceară, sulf) și chituri care se întăresc pe baza unor transformări chimice de compoziție (chituri de priză cum sînt: ghipsul, cimentul de marmură, chitul de protoxid de plumb-litargă, chitul de oxid de magneziu).

3.1.2.1. Asamblări prin filet

Sînt cele mai răspîndite îmbinări demontabile în construcția echipamentelor electronice. Asamblarea se realizează prin efect de pană; linia filetului împreună cu baza cilindrului sau conului pe care este executat formează o pană răsucită elicoidal.

Asamblarea filetată asigură o legătură rezistentă și etanșă, precizie și siguranță, deoarece linia filetului fiind înfășurată, permite o lungime de contact mare într-un spațiu mic Se utilizează filetul metric drept cu un singur nceput de profil triunghiular, cu unghiul flancului de 60° (fig. 36). Îmbinarea

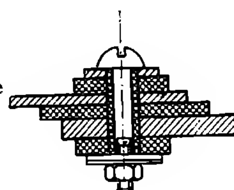
Fig. 36. Filet metric normal.



prin șurub poate fi directă sau indirectă. Îmbinarea directă se realizează cînd una din piese are un cap cu filet exterior, iar cealaltă piesă prezintă o gaură cu filet interior corespunzător.

Materialul din care se execută șuruburile și piulițele trebuie să fie rezistent, prelucrabil și în funcție de datele de proiectare trebuie să fie rezistent la coroziune, să ofere conductivitate termică și izolare electrică bune. În industria constructoare de echipamente electronice se utilizează în special oțelul moale, alama și, în anumite situații, materialele plastice. Ca tehnologie de execuție se folosesc așchierea, presarea sau turnarea.

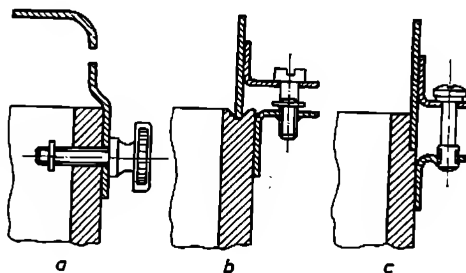
Fig. 37. Asamblarea demontabilă prin șurub a pieselor metalice izolate electric între ele.



În figura 37 se dă un exemplu de asamblare prin șurub a unor piese ce se află la potențiale electrice diferite.

Pentru asamblarea diferitelor părți ale casetei unui echipament electronic se folosesc diverse soluții (fig. 38).

Fig. 38. Asamblarea demontabilă prin șurub a elementelor casetelor de echipamente electronice.



Calitatea unei îmbinări cu șurub constă în stringerea corectă a șurubului sau piuliței, ce se poate asigura prin:

— măsurarea alungirii șurubului sau a prezonului cu micrometrul sau comparatorul electronic;

— măsurarea unghiului de rotație: strîngerea șurubului se face manual pînă la un contact strîns cu suprafața de sprijin, apoi strîngerea continuă cu cheia specială prevăzută cu cadru și ac indicator; fiecărui unghi de rotație îi corespunde un anumit efort de strîngere;

— cheie limită etalonată: cînd sarcina depășește mărimea momentului de strîngere, cheia se decuplează și se rotește în gol;

— cheie simplă cu braț de lungime ce corespunde unui efort mediu al muncitorului.

Blocarea împotriva autodesfacerii asamblării filetate se poate face utilizînd adezivi (picături de lac sau vopsea, sau chiar prin încleiere cînd înainte de înșurubare suprafața filetului este acoperită cu un strat subțire de clei), asigurînd prin formă (cui spintecat, știft, șaibe preformate (fig. 39)), sau

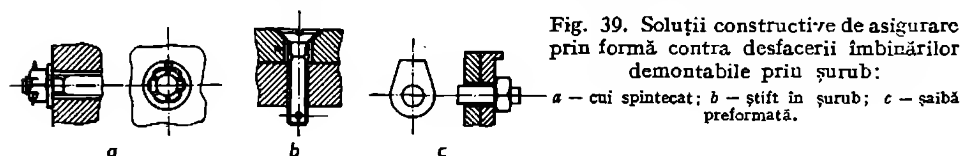


Fig. 39. Soluții constructive de asigurare prin formă contra desfacerii îmbinărilor demontabile prin șurub:
a — cui spintecat; *b* — știft în șurub; *c* — șaibă preformată.

prin crearea unei tensiuni suplimentare în spirele filetului (contrapiuliță, deformarea capătului șurubului, piulițe elastice, șaibe elastice Grower sau preformate, sau alte elemente intermediare elastice, fig. 40).

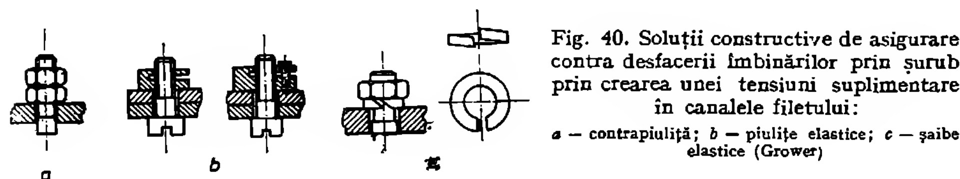


Fig. 40. Soluții constructive de asigurare contra desfacerii îmbinărilor prin șurub prin crearea unei tensiuni suplimentare în canalele filetului:
a — contrapiuliță; *b* — piulițe elastice; *c* — șaibe elastice (Grower)

3.1.2.2. Îmbinări prin pene

Asamblarea se realizează prin efectul înclinării suprafețelor în contact.

Îmbinarea prin pană glisantă, prin pene spirale și îmbinarea cu pene de înșurubare se utilizează la ansamblurile care în funcționare au o mișcare circulară sau oscilantă.

Avantajul asamblării prin pană spirală constă în aceea că poate realiza fixarea în orice poziție axială printr-o rotire simplă cu un unghi foarte mic (fig. 41).

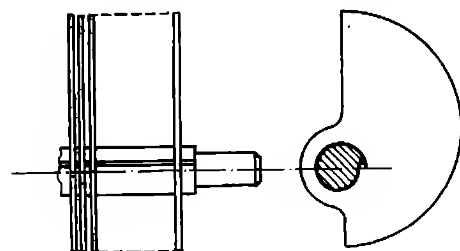


Fig. 41. Asamblarea plăcilor unui condensator prin pană spirală.

Îmbinările cu pene pot fi directe (cînd una din piese are formă de pană) sau indirecte. Asamblările directe cu efect de pană sînt cunoscute sub numele de îmbinări prin baionetă. Se asigură asamblarea contra autodesfacerii, pentru echipamentele ce lucrează în regimuri de vibrații sau șoc, utilizînd elemente suplimentare de asigurare (fig. 42, *b*).

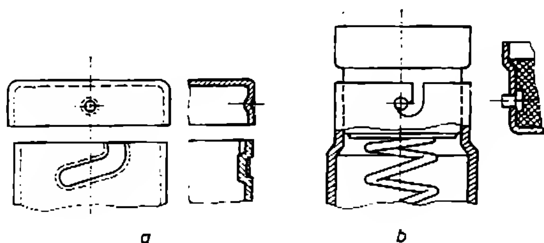


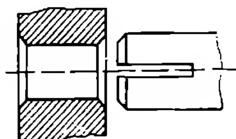
Fig. 42. Îmbinări prin baionetă (*a*) cu asigurare suplimentară (*b*).

3.1.2.3. Îmbinări prin efect elastic

Prin poziția reciprocă a pieselor se realizează un efect de arcuire al unei piese peste cealaltă, care menține îmbinarea (de exemplu, menținerea ștekerului în priză). Piesele se pot executa cu toleranțe mult mai largi, asigurînd o asamblare ieftină. Montajul și demontajul se poate realiza de cele mai multe ori fără scule și într-un timp foarte scurt.

Un procedeu de îmbinare directă prin efect elastic se obține prin practicarea unui șanț în axul uneia din piesele ce participă la asamblare, de exemplu, în axul potențiometrului care se asamblează elastic la butonul de manevrare (fig. 43).

Fig. 43. Asamblarea prin efect elastic prin executarea unei despicătur în axul uneia din piese.



Se utilizează, de asemenea, asamblări cu inele elastice sau cu arcuri pentru a se asigura o anumită poziție reciprocă între piese (fig. 44).

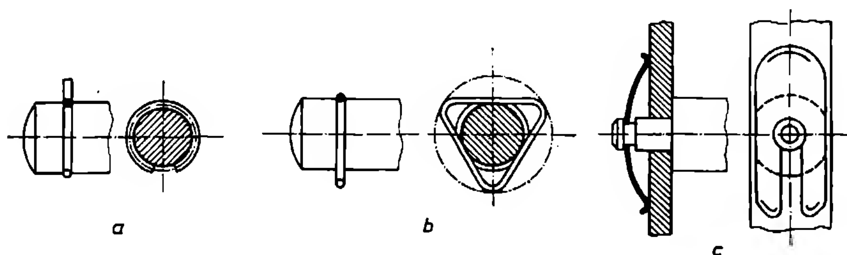


Fig. 44. Asamblări cu inele elastice sau cu arcuri:
a — simplă; *b* — triunghiulară; *c* — arc lamelar.

O tehnică de asamblare demontabilă, larg utilizată în construcția echipamentelor electronice, este *asamblarea prin conectoare.* Conectoarele pentru cablajele imprimate sînt de mai multe tipuri și sînt prezentate în figura 45.

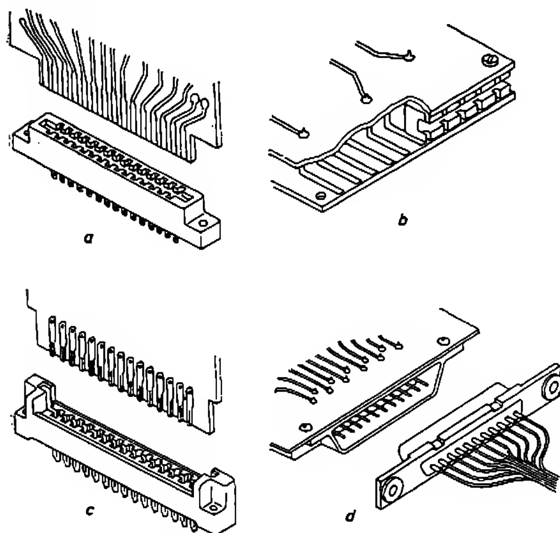


Fig. 45. Tipuri constructive de conectoare:

a — conector de cablaj imprimat; b — conector special; c — conector mixt; d — conector mamă-tată.

— *Conectoare de tip mamă-tată* (plug— and-receptacle conector), (fig.45,*d*) sînt cele mai utilizate; pinii (contactele) pot fi rotunzi sau de formă baionetă; aceste tipuri de conectoare se atașează cablajului imprimat, conectorul tată este montat pe șasiu. De obicei spațiul între pinii este de 1,9 mm sau mai mare;

— *Conectoare baionetă* (conectoare de cablaj), figura 45,*a*, folosesc pentru contact chiar suprafața traseului conductor continuat pînă la marginea cablajului imprimat și care este introdus în conectorul mamă. Contactul la conector poate fi realizat sub formele constructive prezentate în tabelul 3: arc simplu bifurcat (diapazon) și arc dublu. Un singur contact implică un contact electric pe o față sau pe ambele fețe ale cablajului imprimat, avînd însă din punct de vedere electric un terminal comun; un contact dublu face contact cu ambele fețe ale cablajului imprimat, dar are două terminale separate la traseele conductoare. Aceste tipuri de conectoare cer cablaje imprimate la care adeziunea cuprului la suportul izolant să fie foarte bună. În ultima vreme, aceste conectoare tind să fie cele mai răspîndite, avînd în vedere costul redus atît în ceea ce privește construcția conectorului însuși, cît și în ceea ce privește simplitatea în asamblare.

— *Conectoare mixte* (compuse), figura 45, *c*: o lamelă arcuitoare (adaptor) este fixată pe cablaj și face contact cu conectorul mamă. Adaptorul poate fi individual sau un ansamblu cu mai multe contacte. Spațiul între contacte este în general 2,54 mm sau mai mare.

— *Conectoare pentru scopuri speciale,* figura 45,*b*: conectoarele pot fi modificate pentru a realiza o funcție specifică. De exemplu, conectorul prezentat în figura 45, *b* are lamelele arcuitoare astfel construite încît să interconecteze două cablaje imprimate paralele între ele; ambele cablaje imprimate au trasee conductoare terminale pe care presează arcurile conectorului. Spațiul între contacte este sub 1,27 mm.

Tabelul 3

Contactele conectoarelor de cablaje imprimate

	Avantaje	Inconveniente
Contact bifurcat	1. Interval apropiat între contacte 2. Presiune de contact inițială mare 3. Suprafață de contact pe ambele fețe (dublă)	1. Uzură rapidă a suprafeței de contact 2. Supradimensionare a traseului conductor pe cablajul imprimat pentru un contact permanent
Contact arc dublu	1. Suprafață mare de contact 2. Elasticitate mare, în general la contact dublu, ceea ce duce la contact bun și în prezența șocurilor mecanice și a vibrațiilor 3. Forță de introducere și scoatere mică 4. Sînt posibile două ieșiri pe contact	1. Contactele sînt relativ fragile

Forțele de introducere și scoatere a conectorului. Forța cerută pentru a introduce și a scoate cablajul imprimat din conector (în cazul conectorului de cablaj) sau a conectorului tată din conectorul mamă, trebuie să aibă o anumită valoare pentru a asigura o rezistență de contact mică pentru fiecare din contactele conectorului.

În tabelul 4 se dau valorile critice pentru forța de contact pentru un contact la conectorul de tip mamă-tată [16]. Conectoarele de circuite imprimate

Tabelul 4

Forțele de contact pentru introducerea și scoaterea conectorului de tip mamă-tată

Dimensiunea contactului	Forța de contact [kg]		
	medie	maximă	minimă
18	0,952	1,360	0,113
12	1,587	2,267	0,226
8	3,175	4,535	0,340
4	4,762	6,803	0,453
0	6,350	9,071	0,907

au forța normală de contact între 0,113 și 0,283 kg/contact, pentru conectoarele de mici dimensiuni, și între 0,453 și 0,567 kg/contact pentru conectoarele mai mari.

Materialele pentru lamelele de contact sînt alese în special să mențină rezistența de contact la o valoare scăzută și constantă pe perioade lungi de timp. În studierea acestora s-a acordat importanță specială îmbunătățirii

fiabilității contactului și reducerii conținutului de metale prețioase pentru a avea un preț mai scăzut [19]. Se utilizează în special aliaje de aur care au duritate mare și o bună rezistență la coroziune. Aliajele AgPd și aliajele cu multe componente prezintă avantaj în preț, au o forță elastică suficientă atît ca materiale de contact, cît și pentru componente miniaturizate.

Materialele de contact cele mai utilizate pentru conectoare sînt aurul și aliajele lui. Pinii (contactele tată) se realizează în special din aur depus din soluție (în general, electrochimic), în timp ce arcurile mamă sînt laminate din aliaje AuAg și AuAgCu.

Se folosesc în special aliaje cu trei componenți (aliaje ternare) la care rezistența de contact este foarte scăzută în stare inițială și în atmosfera ambiantă, iar proprietățile lor fizice asigură o uzură de contact mică. În figura 46 se

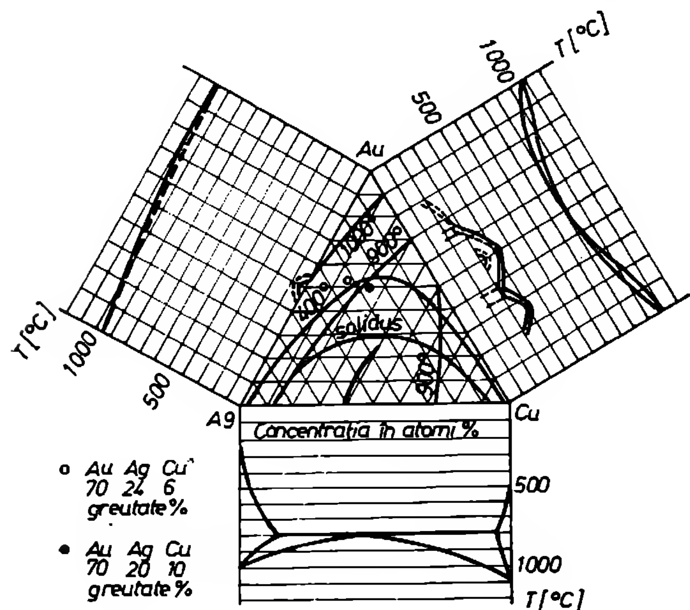


Fig. 46. Diagrama aliajului ternar AuAgCu cu sisteme binare.

prezintă diagrama ternară Au Ag Cu [20], unde sînt indicate și sistemele binare. Curbele în sistemul ternar indică eutecticul, temperatura solidus, curba de solubilitate la 400°C și temperaturile lichidus. Aliajele rigidizate prin îmbătrînire Au70 Ag20 Cu10 și Au70 Ag24 Cu6 sînt acceptate ca materiale de contact datorită caracteristicilor electrice bune și de rezistență la uzură. Aliajul cu 10% Cu este foarte rezistent la uzură, dar conținutul de cupru relativ mare în aceste aliaje duce la formarea de straturi de oxid, în particular cînd se expune în aer la temperaturi ridicate. Chiar la o influență de scurtă durată a temperaturilor de 200°C, ceea ce are loc în practică în procesele de injecție a materialelor plastice în tehnologia construcției conectoarelor, caracteristicile de contact, în special în cazul unor presiuni mici de contact, sînt înrăutățite. Metodele moderne de analiză a suprafețelor au arătat că formarea stratului de suprafață este cauzată de conținutul de cupru în aliaj [21]. Se formează atît oxizi de cupru, cît și sulfuri de cupru în prezența unor cantități infime de compuși cu sulf. Aliajul Au71 Ag26 Ni3, de asemenea mult utilizat,

arată rezultate mai bune la testul de temperare, dar este mult mai moale, adică rezistența la uzură este semnificativ redusă față de cea a aliajului Au Ag Cu. În aliajele Au Ag rezistente la uzură și necontaminate trebuie, deci, să fie redus consistent conținutul de cupru, fie prin eliminare completă, fie prin compensarea influenței lui alegînd componenți de aliere corespunzători. Rezultate asupra acestor aspecte sînt date în tabelul 5, [22]. Aliajele Au Ag Cu și Au Ag Ni au ductibilitate bună.

Tabelul 5

Caracteristici tehnice ale aliajelor de Au

		AuAgCu 70/20/10	AuAgNi 71/26/3	AuAg-Aliaj 13	AuAgPd-Aliaj 20	AuPdCu Aliaj 50	AuAgPd Hera 277
Densisate [g/cm³]		15	15,3	14,7	14,1	13,5	14,3
Modul Young [kN/mm²]		86,5	114	102	113	115	130
Conductivitate	a	7,3	7,7	4,9	4,3	4,3	3,3
[1 mΩ-mm²]	b	7,1	9,0	4,6	4,5	4,2	3,4
Duritate Vickers	a	265	185	220	255	315	280
	b	140	90	100	125	150	120
	c	340				360	320
Rezistență la tracțiune [N/mm²]	a	865	630	725	850	1015	950
	b	510	340	395	495	580	550
	c	1040				1120	1030
Limita de curgere	a	860	625	720	845	1010	945
[N/mm²]	b	320	215	235	295	330	245
	c	1030				1100	1015
Alungire la rupere [%]	a	1	1	1	1	1	1
	b	31	30	25	28	40	39
	c	1				4	2
Rezistență la încovoiere [N/mm²]	a	440	380	445	480	510	660

a: solid; b: moale; c: rigidizat prin îmbătrînire.

În figura 47 sînt date rezistențele de contact (50% din valorile rezistențelor măsurate), ale lamelelor din aliaje de aur înainte și după ce au fost tratate în atmosferă la 250°C timp de 1 min, la forțe de contact de 5 și 100 N. Se observă

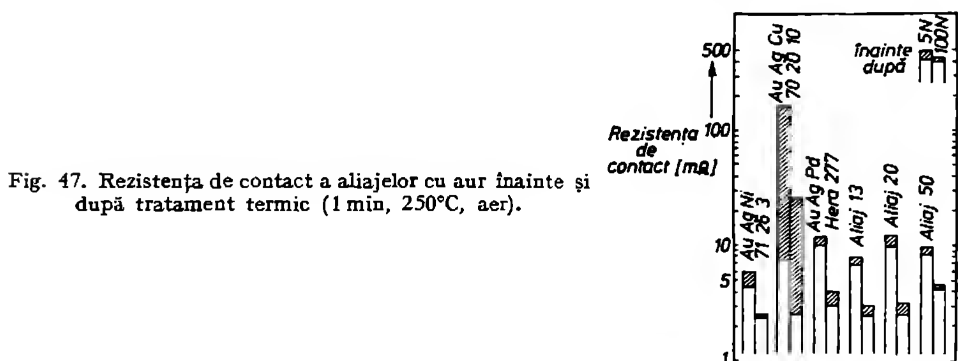


Fig. 47. Rezistența de contact a aliajelor cu aur înainte și după tratament termic (1 min, 250°C, aer).

influența oxidării cuprului din conținutul aliajului, iar cu cît forța de contact crește stratul de suprafață este penetrat prin contaminare.

S-a constatat că aliajul pe bază de AuAgPd cu mai mult de 96% metale prețioase (denumirea comercială Hera 277), care conține Sn și In drept componente de rigidizare prin îmbătrînire, este un material de contact superior și este preferat aliajelor de AuAgCu, în special în construcția conectoarelor, unde se necesită un proces de prelucrare prin tratament termic. În plus, are avantajul unui preț scăzut.

De asemenea, se utilizează pe scară largă în construcția echipamentelor electronice ca materiale de contact aliaje AgPd, care conțin cel puțin 30%Pd, avînd o rezistență bună la sulf și compuși de sulf, preț relativ scăzut, iar proprietățile mecanice pot fi modificate prin introducerea unor aditivi.

Diagrama aliajului ternar PdAgCu este similară sistemului AuAgCu. Conținutul mare de cupru este, de asemenea, nefavorabil din cauza susceptibilității de contaminare.

Aliajele cu multe componente au preț scăzut, iar valorile de rezistențe mecanice sînt, de regulă, mari. Aliajul PdAgAuPt cu 85% conținut de metale prețioase și avînd în compoziție Cu și Zn esențiale pentru rigidizare prin îmbătrînire, este mult utilizat ca material de contact. Aliajul PdCoW are valori de rezistențe mecanice foarte bune, iar conținutul de numai 40%Pd duce la un preț foarte scăzut. În tabelul 6 se dau caracteristicile tehnice ale aliajelor AgPd și aliajelor multicomponente, care sînt utilizate pe scară largă în construcția conectoarelor și a materialelor de contact. Rezistența la rupere, în special la aceste aliaje are o mare importanță, deoarece dă informație asupra

Tabelul 6

Caracteristicile tehnice ale aliajelor AgPd-și ale aliajelor cu multe componente

		Aliaje AgPd-				Aliaje multicomponente	
		AgPd 70/30	AgPdCu 65/30/5	Aliaj 0,49	Aliaj 050	PdCoW	PdAgAuPt-
Densitate [g/cm³]		10.9	10,8	10,5	10,5	11,3	11,8
Modul Young [kN/mm²]		116	106	102	103	167	108
Conductivitate [1/mΩ·mm²]	a	6,5	6,4	5,7	6,3	1,15	2,84
	b	6,3	6,6	5,6	6.3	1,12	2,81
Duritate Vickers	a	180	225	255	265	540	330
	b	55	90	145	135	290	200
	c	—	245	345	330	680	430
Rezistență la tracțiune [N/mm²]	a	630	810	905	970	1960	1230
	b	310	420	535	510	1080	685
	c	—		1050	1095		1420
Limită de curgere [N/mm²]	a	620	730	905	965	1940	1190
	b	150	180	350	320	620	460
	c	—		1040	1090		1390
Alungire la rupere [%]	a	1	1	1	1	1	1
	b	36	28	26	23	40	25
	c	—		1	1	1	1
Rezistență la încovoiere [N/mm²]	a		330	430	420	500	450
	c	—		800	850	1000	1000

a: solid; a' : 70% deformat; b: moale; c: rigidizat prin îmbătrînire

proprietăților elastice ale materialului, utilizate ca materiale elastice și de contact și în componentele miniaturizate. În figura 48 se dau rezistențele de contact măsurate înainte și după tratarea termică la 250°C, timp de 1 min. în aer.

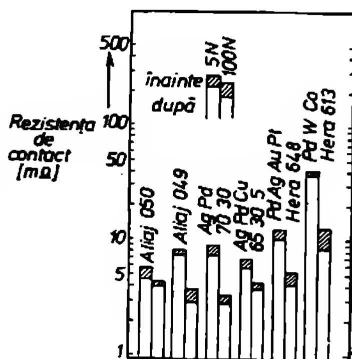


Fig. 48. Rezistența de contact a aliajelor AgPd — și a aliajelor multicomponente înainte și după tratament termic (1 min, 250°C, aer).

O altă *tehnică de asamblare* prin efect elastic, care realizează un contact electric permanent este înfășurarea unui număr de spire din conductorul de conexiune în jurul unui terminal cu două sau mai multe muchii ascuțite, tehnică ce a fost dezvoltată de Bell Telephone Laboratoric în anul 1952 și este cunoscută sub denumirea de **wrapare** (wire wrapping) [23]. Muchiile terminalului, fiind puternic presate în procesul de asamblare, determină imprimarea unor crestături în pelicula de oxid a conductorului ce se înfășoară și rezultă un contact de asamblare prin solicitări elastice în cele două părți componente ale îmbinării.

Fiind un contact de îmbinare metal-metal de presiune mare, asamblarea oferă continuitate electrică și stabilitate mecanică.

La răsucirea firului de conexiune în jurul terminalului, atît terminalul cît și conductorul de conexiune se deformează (fig. 49).

Avantajele interconectării prin wrapare sînt: densitate mare de conexiuni, tehnologie manuală sau cu mașini automate, conectare fiabilă fără degajare de gaze, stabilitate electrică și mecanică, depanare și modificări rapide, teste simple în procesul de fabricație, program de wrapare compatibil pe calculator, asamblare fără degajare de căldură, calificare redusă a personalului ce participă la procesul de producție. *Dezavantajele asamblării prin wrapare* constau în aceea că nu poate fi reutilizat conductorul de conexiune, iar terminalele se pot utiliza la cel mult 25 wrapări; la foarte înaltă frecvență — peste 100 MHz — trebuie luate în considerație capacitatea și inductanța parazită; nu se poate wrapa conductor multifilar; calitatea conductorului și a terminalului sînt critice; cere utilaj specializat.

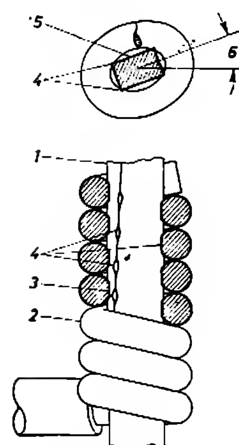


Fig. 49. Răsucirea terminalului la asamblarea prin wrapare:
1 — terminal; *2* — conductor de wrapat; *3* — regiunea compresată; *4* — regiunea cu forțe de contact concentrate; *5* — regiune necontactată; *6* — unghiul de răsucire.

Numărul de spire care se înfășoară în jurul unui terminal depinde de dimensiunile sîrmei de conexiune și ale terminalului. În cazul unor acțiuni mecanice puternice (vibrații, șocuri), conectarea prin wrapare necesită un minim de o spiră din conductor izolat wrapată în plus lîngă spirele neizolate. Dimensiunile conexiunilor de wrapare și ale terminalelor sînt standardizate; se ține seama că secțiunea transversală a terminalului trebuie să fie cu cel puțin 50% mai mare decît secțiunea sîrmei de conexiune ce înfășoară terminalul, iar adîncimea și lățimea terminalului să nu fie mai mari decît de trei ori diametrul conductorului de wrapare.

Terminalele ce se wrapează sînt din cupru sau din aliaje de cupru (cu beriliu, siliciu, nichel-zinc, bronz fosforos), dar se practică și wrapare pe terminale din oțel inoxidabil. De obicei, terminalele sînt acoperite galvanic cu aur.

Conductorul de wrapare este uzual din cupru sau aliaje de cupru (cadmiu, cadmiu-crom, zirconiu), iar în cazuri speciale, din nichel. Ca materiale de izolație ale conductorului de wrapare se folosesc: teflon, teflon cu nylon (poliamidă), teflon cu fibre de sticlă, policlorură de vinil (PCV), PCV cu nylon.

Utilajul cu care se realizează înfășurarea terminalului cu sîrmă de conexiune este prezentat în figura 50. Wraparea se poate executa manual, electric sau

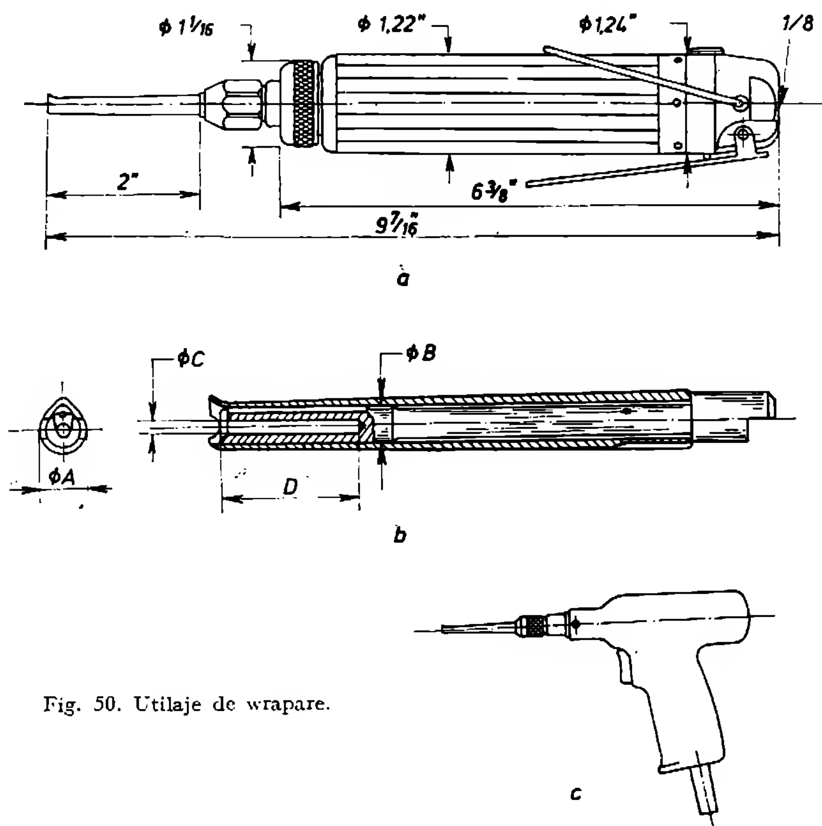


Fig. 50. Utilaje de wrapare.

pneumatic. Pistolul de wrapare este utilajul cel mai răspîndit (fig. 50, *c*). Wraparea constă din patru etape:

— izolația este îndepărtată de pe sîrma de conexiune pe o lungime determinată de conexiunea ce trebuie realizată;

— conductorul este agățat în crestătura capului de wrapare (fig. 51, *a*);

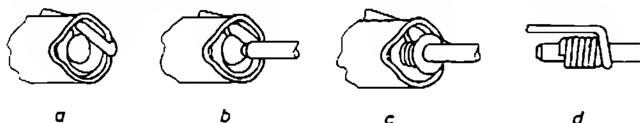


Fig. 51. Procesul tehnologic de interconectare prin wrapare.

— pistolul este poziționat cu orificiul de wrapare peste terminal (fig. 51, *b*, fig. 52, *a*);

— se dă comanda de rotire a capului pistolului în jurul terminalului (fig. 51, *c*, fig. 52, *b*).

Mașinile semiautomate de wrapare, ca și cele automate cu control numeric, realizează toate operațiile (tăiere, wrapare, poziționare, interconectare) după un program înregistrat pe bandă sau cartelă, prin care se elimină erorile

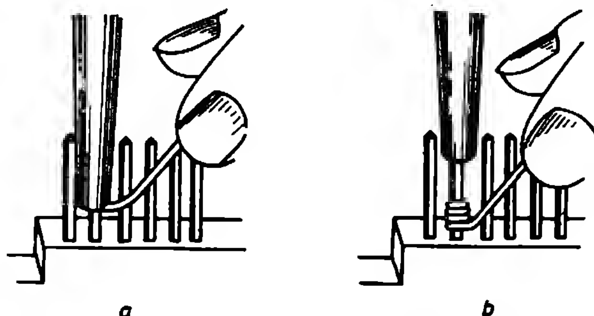


Fig. 52. Wraparea unui terminal.

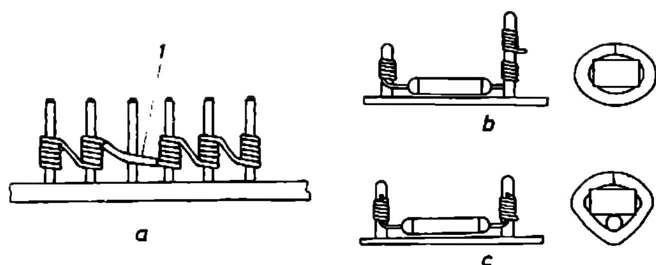
de wrapare, se minimalizează timpii morți între operații, ajungînd pînă la 1 200 conexiuni/oră (Wire-Wrap Gardner-Denver).

Diverse interconexiuni ce se pot realiza prin wrapare sînt prezentate în figura 53.

3.2. CONSTRUCȚIA ȘASIURILOR ȘI CASETELOR ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Încasetarea unui aparat radioelectronic sau a unui echipament electronic, în general, trebuie să asigure echipamentului rezistență, rigiditate mecanică, durabilitate, posibilitate de așezare precisă a ghidajelor și reazemelor, gabarit și greutate minime.

Încasetarea se poate face în formă de corp întreg, cînd un capac închide orificiul de montaj (de exemplu, casetele aparatelor radioreceptoare mici, portabile, turnate din material plastic) sau din șasiu cu unul sau mai multe panouri. În cazuri cu totul excepționale, se face încapsulare în material plastic



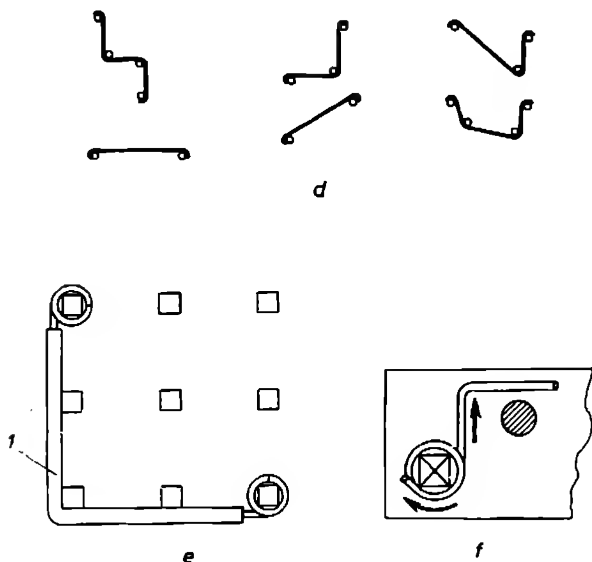


Fig. 53. Asamblări prin wrapare:

a — interconectarea terminalelor; *b* — conectarea unei componente direct la terminal; *c* — conectarea unei componente la terminal prin conductor wrapat; *d* — exemple de interconectări ale terminalelor cu mașini automate de wrapare; *e* — conectare incorectă (izolația se poate distruge la terminalul din colț); *f* — conectare corectă; *1* — izolația conductorului de conexiune.

a întregului aparat (înglobarea aparatelor medicale ce funcționează în organismul viu).

Casetele-panouri oferă comoditate în montaj și demontaj și permit reglarea și depanarea. Ca variante constructive, elementele se pot monta pe un panou de bază orizontal, vertical sau între panouri.

Casetele corp întreg au rigiditate mecanică mai mare și protejează mai bine elementele aparatului de factorii externi, dar montajul și accesul în aparat sînt mult mai dificile. De aceea se prevăd uneori pe peretele casetei deschideri ce se acoperă cu capace. Capacele sînt asamblate pe corp, fie prin îmbinări demontabile (filet sau balamale), fie îmbinări nedemontabile (sudură, lipire, presare, fălțuire).

Pe lîngă sistemele monobloc, o extindere deosebită au luat-o elementele funcționale modulare, care deși au un preț mai ridicat față de primele și au inconvenientul că legăturile între module se realizează prin fișe și cabluri, oferă avantaje care justifică utilizarea lor:

— interschimbabilitate prin adăugarea altor module (sertare) funcționale, prin executare de noi legături între module;

— reparare rapidă prin înlocuirea modulelor defecte;

— construcție simplă a unui modul, deci și control, reglaj, depanare ușor de executat;

— tipizare mecanică (dimensiunile șasiurilor, modulelor, conectorii de legătură a modulelor la șasiu, fișele cablurilor de legătură între module) și electrică (tensiuni și curenți ai surselor de alimentare, amplitudini și durate ale semnalelor analogice și logice, impedanțe de intrare și impedanțe de ieșire) pînă la nivel internațional, ceea ce mărește posibilitatea interschimbabilității modulelor.

Șasiul unui echipament electronic reprezintă partea de rezistență mecanică a unui echipament electronic pe care se montează subansamblurile funcționale și toate piesele mecanice și electrice.

Conceptul de șasiu este o problemă particulară în funcție de tipurile de componente electrice și electronice și în funcție de hardul însuși potrivit implementării proiectului. Domeniul de utilizare al aparatului impune alegerea componentelor convenționale (părțile electrice sau electromecanice standard care realizează o singură funcție limitată într-un ansamblu) în funcție de factorii climatici și mecanici. Pe lîngă acestea, construcția șasiului este o funcție de posibilitățile tehnologice ale executantului și de materiile, materialele, componentele electronice și subansamblurile funcționale livrate de terți.

Șasiul se poate realiza într-o mare varietate de forme și dimensiuni dependente de funcția echipamentului. Dar în toate aplicațiile, șasiul oferă suprafață de montare componentelor, subansamblurilor funcționale sau blocurilor modulare (sertare sau rack-uri, fig. 54).

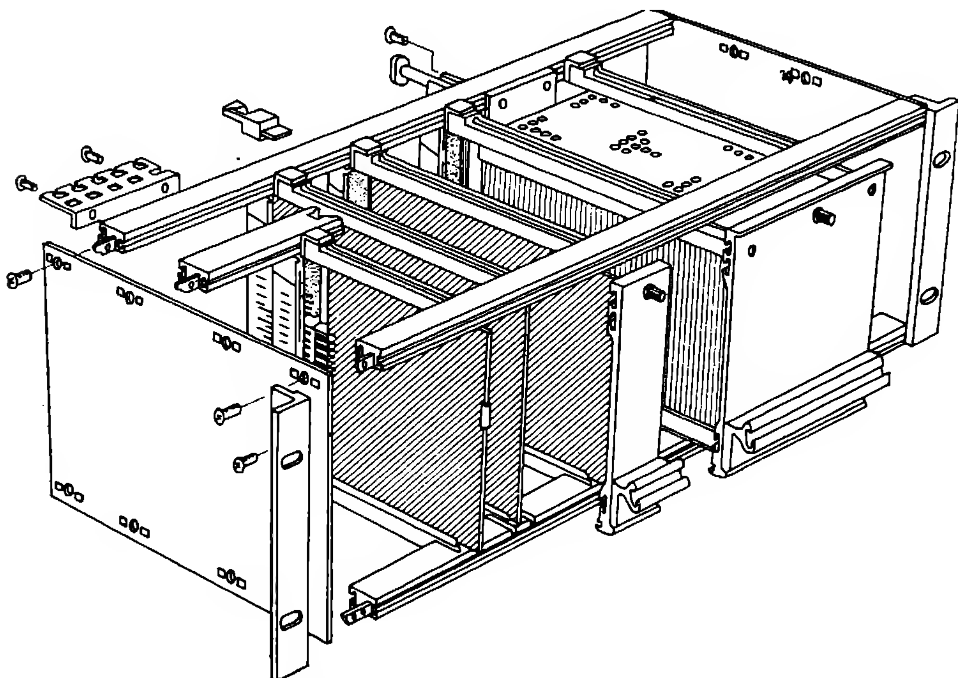


Fig. 54. Sertar cu subsertare pentru un echipament complex.

Pe lîngă rigiditatea pe care o oferă structurii, șasiul permite manevrarea comodă a subansamblurilor funcționale. Fiind de cele mai multe ori realizat din metal, șasiul oferă o masă bună un ecran electric, magnetic și radiator termic.

Șasiurile se construiesc, în principal, sub două forme: șasiuri fixe (de exemplu, șasiurile radioreceptoarelor) și șasiuri rabatabile (de exemplu, șasiul unor tipuri constructive de receptoare de televiziune).

Șasiurile și casetele echipamentelor electronice trebuie să fie economice, să nu utilizeze pentru confecționare materiale scumpe (oțel sau cupru). Se realizează șasiuri din:

— tablă de fier sau aluminiu prelucrată la rece, folosind diferite procedee de îmbinare;

— aliaje ușoare de aluminiu (silumin, zamac) turnate;

— materiale plastice pentru aparatele electronice de mici dimensiuni.

Materialele plastice tind să înlocuiască metalele. Materiile prime ieftine ce intră în componența materialelor plastice și care se găsesc din abundență în natură, ca și faptul că proprietățile acestora pot fi modificate cu ușurință prin introducerea unor adaosuri în componență sau prin modificarea tehnologiei de fabricație, justifică larga lor utilizare. Casetele din materiale plastice sînt economice la serii mari sau la producția de masă; sînt ieftine, dar mai puțin rezistente.

În aparatura profesională și aparatura militară, la care se pun condiții severe de rezistență mecanică, nu se utilizează șasiuri și casete din material plastic.

Studiind sistemul actual de încasetare a echipamentelor electronice realizate de firme străine și de institutele noastre de cercetări, s-a constatat folosirea din ce în ce mai extinsă a aluminiului: bare, tablă ambutisată, turnare sub presiune a panourilor sau a unor profile.

Aluminiul este metalul care în ultimul timp se află pe locul trei în consumul mondial, după oțel și fontă. Aluminiul sau aliajele aluminiului sînt din ce în ce mai utilizate pentru construcția de aparatură electronică, pentru proprietățile fizico-mecanice deosebite, greutate specifică mică, conductibilitate electrică și termică foarte bună, rezistență la coroziune și la agenți chimici agresivi. Un rol important în prelucrarea aluminiului și aliajelor de aluminiu îl are Întreprinderea de Prelucrare a Aluminiului — Slatina, unitate intrată în funcțiune în anul 1971, dotată cu utilaje moderne, care produce o gamă variată de produse: extrudate, extrudate trase, laminate plate, țevi sudate, cabluri.

Produsele extrudate se obțin direct prin extrudere și sînt tratate termic pentru îmbunătățirea caracteristicilor mecanice. Din produsele extrudate se folosesc în construcția de aparatură electronică barele pătrate (STAS 8655-70) — seria 22 (fig. 55, *a*).

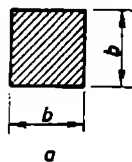


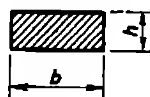
Fig. 55. Produse extrudate — Întreprinderea de Prelucrare a Aluminiului — Slatina:

a — seria 22 — bare pătrate (STAS 8655-70);

Simbol	Latura *b* [mm]	Secțiunea [mm²]	Greutate [kg/m]
22 — 10	10	100	0,270
22 — 12	12	144	0,389
22 — 15	15	225	0,597
22 — 19	19	361	0,975
22 — 20	20	400	1,080

Produsele extrudate trase se obțin din produse care după extrudere sînt supuse procesului de deformare la rece cu reducerea de secțiune, pentru îmbunătățirea caracteristicilor mecanice și asigurarea unor abateri mai strînse. De exemplu, în construcția de aparatură electronică se utilizează produsele extrudate trase seria 23:1, bare dreptunghiulare (STAS 3322-73) (fig. 55, *b*).

Simbol	Dimensiuni [mm]		Secțiunea [mm²]	Greutatea [kg/m]
	b	*h*		
23.1 — 20×3		3	60	0,162
23.1 — 20×5	20	5	100	0,270
23.1 — 25×5		5	125	0,338
23.1 — 25×10	25	10	250	0,675
23.1 — 28×5	28	5	140	0,378
23.1 — 30×5	30	5	150	0,403



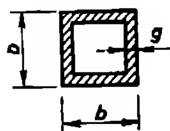
b

b — seria 23.1 — bare dreptunghiulare (STAS 3322-73);

Din produsele Întreprinderii de Prelucrare a Aluminiului Slatina, care se utilizează în mod curent la construcția de aparatură electronică sînt prezentate în cele ce urmează anumite profile (fig. 55, *c*, *d*, *e*).

Produse extrudate seria 32 — țevi pătrate pentru asamblare cu tablă (fig. 55,*c*).

Simbol	Dimensiuni [mm]		Secțiunea [mm²]	Greutatea [kg/m]
	h	*g*		
32 — 18×1,5	18	1,5	99	0,267
32 — 20×20	20	2	144	0,388
32 — 25×2	25	2	184	0,496
32 — 30×2	30	2	237	0,626

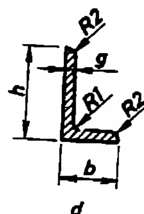


c

c — seria 32 — țevi pătrate;

Produse extrudate seria 42 — corniere cu aripi neegale (STAS 9185-73) pentru asamblare (fig. 55,*d*).

Simbol	Dimensiuni [mm]					Secțiunea [mm²]	Greutatea [kg/m]
	h	*b*	*g*	R_1	R_2		
42—18×15×2r	18	15	2	4	2	63	0,170
42—20×15×2	20	15	2	—	—	66	0,178
42—25×15×2	25	15	2	—	—	76	0,205

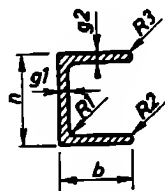


d

d — seria 42 — corniere cu aripi neegale (STAS 9185-73);

Produse extrudate seria 43 — profile U(STAS 8870-72) pentru asamblare, dar și pentru radiatoare (fig. 55,*e*).

Simbol	Dimensiuni mm							Secțiunea [mm²]	Greutatea [kg/m]
	h	*b*	g_1	g_2	R_1	R_2	R_3		
43—	18	20	1,5	1,5	—	0,6	—	82	0,222
43—	20	20	1,5	1,5	—	0,6	—	85	0,230
43—	24	12	3	3	—	—	—	126	0,338
43—	25	20	3	3	—	—	—	177	0,476
43—	30	30	2,5	2,5	—	—	—	210	0,567
43—	32	20	4	3	—	0,5	—	224	0,605
43—	34	9,5	1,5	1,5	0,5	0,5	—	74	0,200
43—	34	18	2,5	2,5	3	1,25	1,25	164	0,443
43—	34	20	2	2	—	—	—	152	0,410
43—	40	20	3	3	—	—	—	342	0,924



e

e — seria 43 — profile U (STAS 8870-72).

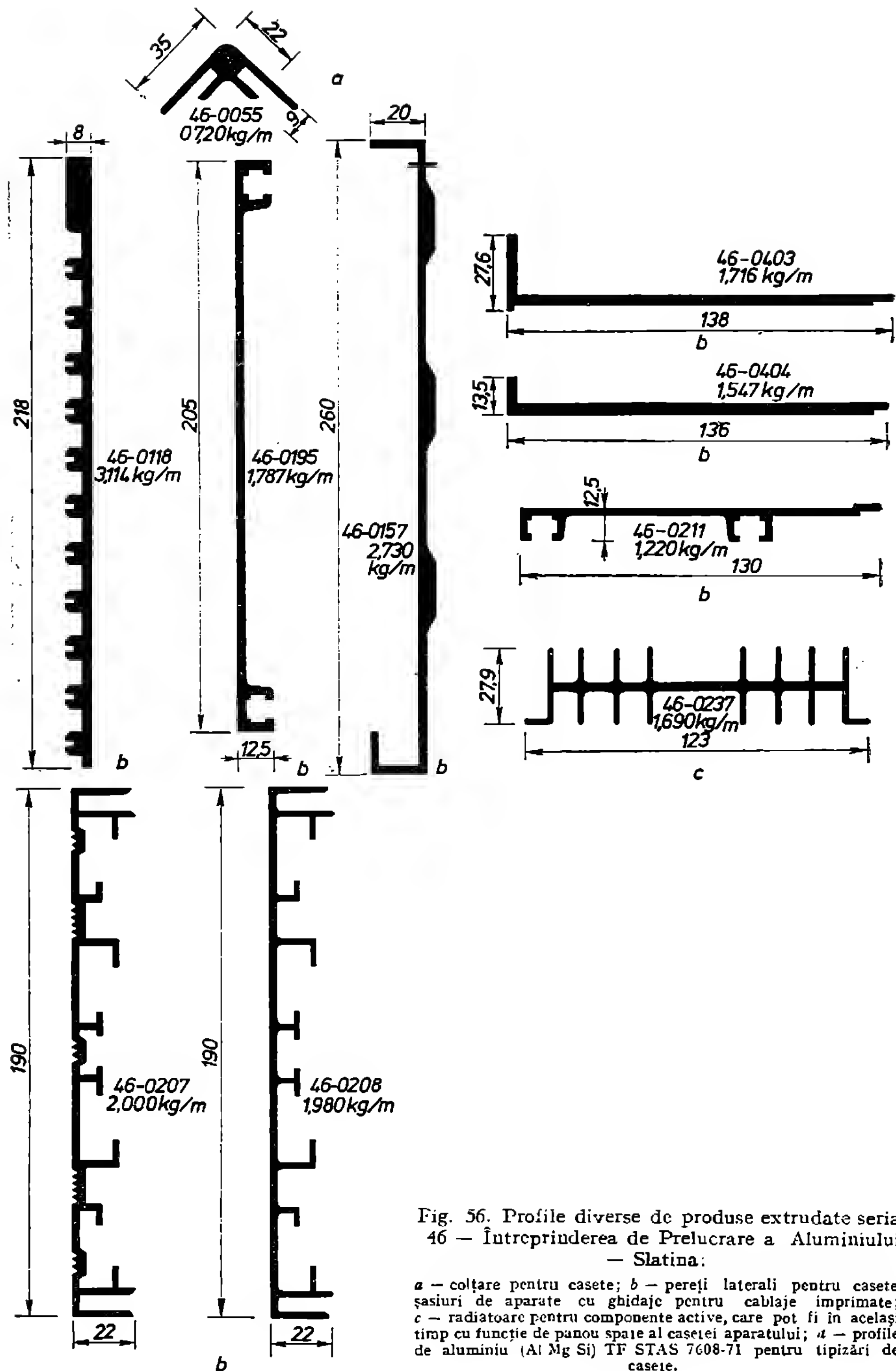
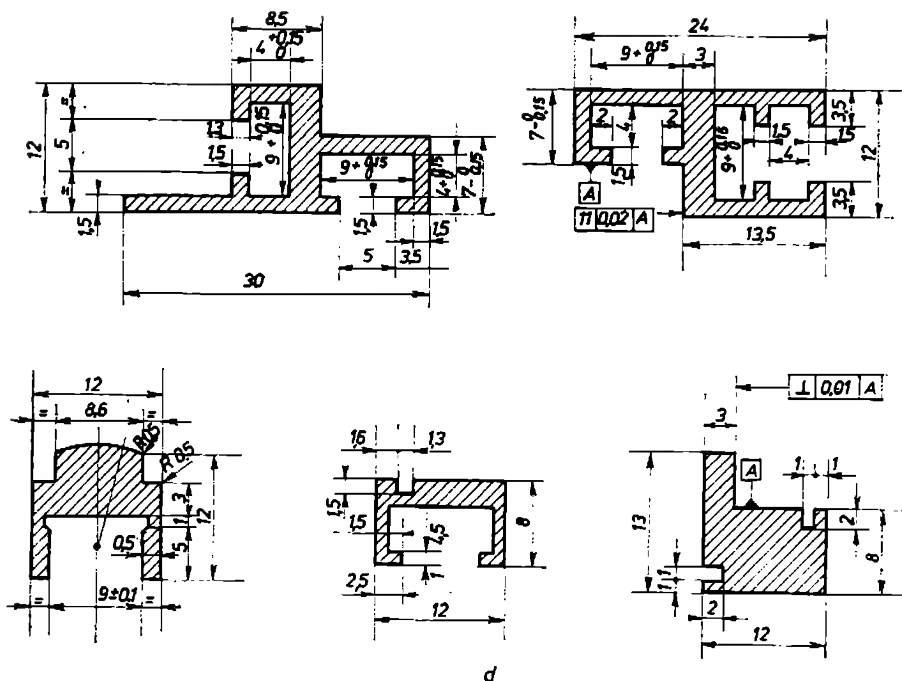


Fig. 56. Profile diverse de produse extrudate seria 46 — Întreprinderea de Prelucrare a Aluminiului — Slatina:

a — colțare pentru casete; *b* — pereți laterali pentru casete șasiuri de aparate cu ghidaje pentru cablaje imprimate; *c* — radiatoare pentru componente active, care pot fi în același timp cu funcție de panou spate al casetei aparatului; *d* — profile de aluminiu (Al Mg Si) TF STAS 7608-71 pentru tipizări de casete.

d



d

În baza proiectelor elaborate de către Institutul de Cercetări Electronice, s-au executat profile speciale pentru cutii modulare.

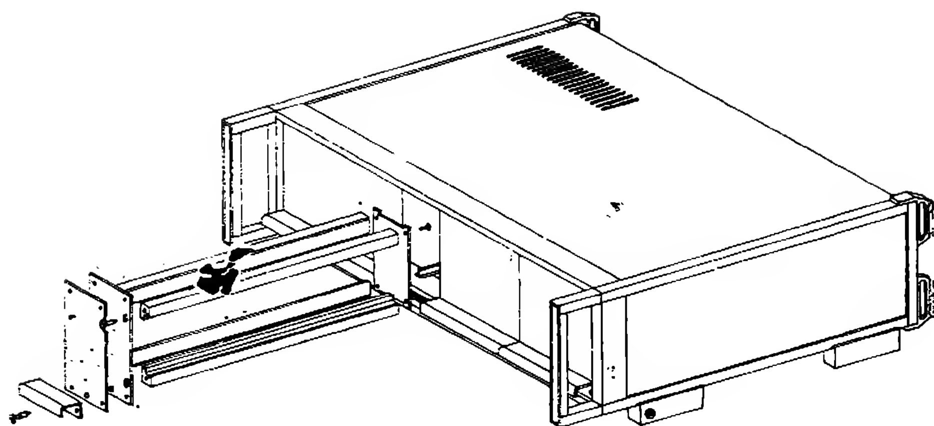
În figura 57 se prezintă un exemplu de casetă (Metroset 4 C) din sistemul de încasetare Metroset realizat de Institutul de Cercetări Electronice.

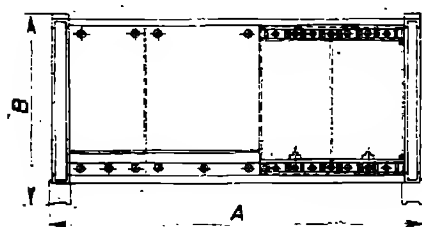
Aspectul natural al aluminiului, varietatea finisării și colorării prin eloxare (anodizare) (auriu, brun, verde, gri-oțel, negru fie culori lucioase, fie mate), fac posibilă utilizarea lui și a aliajelor sale în construcții de aparate electronice estetice.

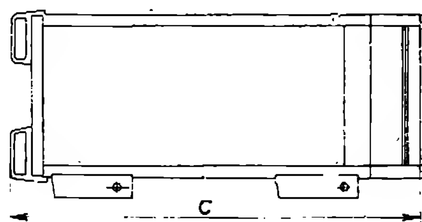
De asemenea, sînt rezistente la multe substanțe chimice de exemplu, nu sînt corodate de substanțe chimice cu oxigen în moleculă (acizi puternici: sulfuric, azotic; cetone, solvenți aromatici; apa oxigenată; acizi grași; detergenți sintetici; cloruri feritice, sau mercurice; petrol; naftalină; fenol etc.).

Acțiunea corozivă asupra aliajelor aluminiului au acizii halogenați (acidul clorhidric, fluorhidric, bromhidric), hidroxizii alcalini, silicații, sulfatul de cupru. Folosirea de profile de aluminiu și aliaje este recomandată la construcția de aparatură electronică ce lucrează în industria alimentară, petrochimică și chimică, în care mediul are compuși organici, mase plastice, acizi puternici etc.; dar nu se pot utiliza la construcția de aparatură electronică ce are aplicații în instalațiile chimice la care tehnologiile impurifică aerul cu vapori alcalini etc.

În afară de bare, țevi și profile de aluminiu (Al 99 și Al 99,5, Al 99,7; ca și aluminiul pentru conductoare Al E), se pot folosi aliajele aluminiului: anticorodal (Al Si 1 Mg Mn), aliaj 6063 (mult utilizat în construcția de aparate, Al Mg Si 0,5), dural (sau aluminiu 2024 cu compoziția Al Cu 4 Mg 1) și zioral (sau aluminiu 7075 cu compoziția Al Zn 5 Mn Cu 2).







A	139	194	249	304	359	414	469
B	117,5	162,5	206,5	251,5	295,5		
C	353	413	473	533	593		

Fig. 57. Caseta Metroset 4C (Institutul de Cercetări Electronice).

Prelucrabilitatea ridicată, varietatea de forme, posibilități multiple de asamblare datorită ușurinței de prelucrare prin așchiere și sudare, ca și posibilitățile deosebite de finisare, permit utilizarea aluminiului și a aliajelor de aluminiu și adaptarea de soluții foarte variate cu efect estetic remarcabil în construcția de echipamente electronice. Aluminiul și aliajele de aluminiu au un coeficient de reflexie la lumină albă de aproximativ 85% în cazul finisării lucioase și în jur de 75% la finisarea mată. Reflectivitatea ridicată ca și puterea mică de radiație a aluminiului, extind utilizarea lui în construcția electronică.

Construirea șasiurilor și casetelor din profile de aluminiu ce pot fi ușor montate elimină sistemul meșteșugăresc ce necesită manoperă multă și este din ce în ce mai utilizată de către firmele producătoare de aparatură electronică cu rezultate economice, funcționale și estetice considerabile.

La construcția și în producția de aparatură electronică profesională, șasiul este divizat în șasiuri parțiale, care pot fi introduse și scoase în stelaje mari (șasiu de bază). Profilele prezentate pot satisface gama de aparate mici

și mijlocii de laborator, atît pentru cele cu module (rack-uri sau boxe), fără module, precum și pentru cele care trebuie să intre într-un sistem complex.

Profilele trase primesc prelucrări simple de tăiere sau frezare, montarea lor se face pe piese de colț din tablă, de cele mai multe ori, sau pe profile extrudate. Panourile din tablă sînt prinse de structură prin intermediul șanțurilor realizate direct pe profilul extrudat, eliminînd șuruburile (sistem penar) sau se pot prinde prin șuruburi.

În scopul scăderii greutății și a eliminării metalului, mînerele și piesele de prindere a panourilor din tablă se realizează din materiale plastice, pentru aparatura de larg consum, dar nu și pentru aparatura profesională.

Dimensiunile șasiurilor. Multe echipamente electronice sînt proiectate constructiv a fi asamblate pe șasiuri care sînt dimensionate conform standardelor asamblării în sertare interschimbabile (rack and panel) pentru ușurința depanării electronice.

Sistemele modulare au un șasiu metalic de bază, care conține și sursele de alimentare și modulele (sertarele), care se introduc în șasiu pe șine de ghidare. Dimensiunile sertarelor, șasiului, numărul sertarelor dintr-un șasiu de bază, caracteristicile electrice ale modulelor funcționale au fost stabilite prin standarde.

Majoritatea șasiurilor sînt proiectate avînd la bază sertarul de dimensiunea standard de 19 inch (adîncimea 19in $\pm$ 1/16in, 1 in = 2,54 cm), elaborat de Electronic Industries Association [15]. Înălțimea se determină din relația $h = \left(1\frac{3}{4}n - \frac{1}{32}\right) \pm \frac{1}{64}$ in, unde n este număr întreg.

În tabelul 7 se dau dimensiunile panoului standard de 19 in.

Tabelul 7

Dimensiunile sertarului standard de 19 in.
Dimensiunile *A* ... *U* sînt date în inch.
Grosimea: 1/8, 3/16, 1/4 sau 5/16 in.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	1 23/32	1 1/4						
B	3 15/32	3						
C	5 7/32	2 1/4						
D	6 31/32	4						
E	8 23/32	1 3/4	2 1/4	1 3/4				
F	10 15/32	2 1/4	3	2 1/4				
G	12 7/32	1 3/4	5 3/4	1 3/4				
H	13 31/32	3 1/2	4	3 1/2				
J	15 23/32	3 1/2	5 3/4	3 1/2				
K	17 15/32	3 1/2	7 1/2	3 1/2				
L	19 7/32	5 1/4	5 3/4	5 1/4				
M	20 31/32	1 3/4	5 1/4	4	5 1/4	1 3/4		
N	22 23/32	5 1/4	1 3/4	5 3/4	1 3/4	5 1/4		
P	24 15/32	1 3/4	5 1/4	7 1/2	5 1/4	1 3/4		
R	26 7/32	1 3/4	7	5 3/4	7	1 3/4		
S	27 31/32	1 3/4	5 1/4	3 1/2	4	3 1/2	5 1/4	1 3/4
T	29 23/32	1 3/4	5 1/4	3 1/2	5 3/4	3 1/2	5 1/4	1 3/4
U	31 15/32	1 3/4	5 1/4	3 1/2	7 1/2	3 1/2	5 1/2	1 3/4

Şasiul poate fi montat fie vertical, fie orizontal şi ataşat la panou (fig. 58).

Alte standarde mult utilizate sînt sistemul CAMAC (Computer Application for Measurement and Control), ESONE (European Standard of Nuclear Electronics), NIM (Nuclear Instrument Modules) [26].

Fig. 58. Panoul sertarului (rack-ului) standard de 19 inch (Electronic Industries Association).

Sistemul CAMAC este un standard mondial unic, destinat în special realizării ansamblurilor de prelucrare numerică a informaţiilor. Şasiul de bază include 25 module (sertare), lăţimea panoului unui modul fiind 17,2 mm sau multiplu. Un singur cablaj imprimat prins perpendicular pe panoul frontal al modulului de 17,2 are terminaţia pe o regletă cu cîte 43 contacte pe fiecare faţă.

Aparatura electronică profesională de la noi din ţară se realizează considerînd modulul tipizat cu dimensiunile 100 × 220 × 300 mm. Se construiesc casete cu 1 şi 2 module, sau chiar mai multe, din tablă de fier ambutisată de 1 mm grosime, posibil de realizat prin tehnologii tradiţionale, obţinîndu-se o structură autoportantă. Sertarele se realizează din tablă de aluminiu la panourile faţă-spate legate cu traverse de bare pătrate din aluminiu extrudat (aparatura de măsură şi control I.E.M.I.).

Se construiesc, de asemenea, sertare folosind profile T din aluminiu cornier cu aripi egale. Montarea se face prin şuruburi, dar se realizează şi structuri sudate.

În producţia curentă de la noi din ţară a intrat şi masa cu rotile, confecţionată din ţeavă de tablă subţire 20 × 60 × 2 mm din producţia curentă a Întreprinderii Metalurgice din Iaşi. Noile tipuri au înlocuit ţeava de fier cu ţeava de aluminiu. Rotilele sînt realizate din două piese metalice îmbrăcate

în material plastic și solidarizate cu un știft. Pentru depozitarea unor anexe electrice, fișe etc. s-a prevăzut un corp cu sertar și etajeră din PAL melaminat. Aceste mese sînt necesare pentru mobilitatea aparatelor și echipamentelor mari.

Tipizarea dimensiunilor și a construcției, ca și tipizarea semnalelor de prelucrat, este de dorit pe cît posibil, pentru a facilita refolosirea a cît mai multor elemente structurale.

3.2.1. MONTAREA COMPONENTELOR PE ȘASIU

Majoritatea componentelor electronice și electrice sînt asamblate pe cablaje imprimate. Dar anumite componente, din cauza disipării de căldură sau a masei mari, nu pot fi incluse pe cablajul imprimat sau pe cablajul modular. Acestea trebuie separate de celelalte părți și montate direct pe plăci sau pe structuri prinse pe șasiu. Montarea elementelor electrice pe panou (butoane, întreruptoare, afișaj analogic, numeric etc.) se face nu direct, ci pe o placă de circuit imprimat care se prinde de panou prin șuruburi de strîngere ce sînt în același timp și distanțiere față de capacul casetei.

Dispozitivele sau subansamblurile funcționale cu socluri se montează pe șasiu (tuburi, transformatoare, relee etc.). Avînd de obicei masă mare, acestea sînt astfel repartizate pe șasiu încît să asigure stabilitatea mecanică a aparatului.

Piesele cu volume mari și mase mari, părțile grele (condensatoare umplute cu ulei, relee de putere, transformatoare de putere) trebuie să fie bine prinse de șasiu (fig. 59, *a*).

Componentele mici au terminale sudate la șasiu prin fier de conexiune și nu direct. Ele sînt prinse mecanic în mod suplimentar (fig. 59, *b*).

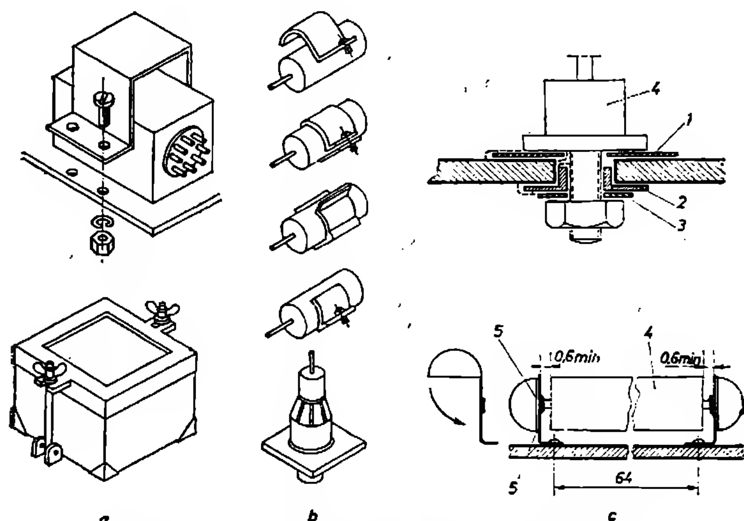


Fig. 59. Exemple de prindere a componentelor de șasiu:
a — componente de gabarit mare; *b* — componente de gabarit mic, *c* — montarea izolată a unei diode de putere (exemple): *1* — șaibă din mică; *2* — nylon sau teflon; *3* — șaibă metalică; *4* — diodă *5* — fixare prin lipire (cositorire).

Ecranarea electrică sau magnetică, pe care o realizează şasiul printr-o proiectare corespunzătoare, se datoreşte faptului că şasiul este de obicei metalic. Ecranele electrostatice se confecţionează din material cu conductivitate bună: cupru, alamă, aluminiu. Ecranele de joasă frecvenţă la cîmpuri magnetice se bazează pe materiale feromagnetice: fier, nichel, cobalt.

Calculul şasiului ca ecran (şi în general al oricărui ecran) electrostatic se face cu relaţia:

$$A = 3{,}338\ \sqrt{f};\quad L = A\ \frac{1{,}72\ \mu}{\rho}.$$

unde A este atenuarea în cupru pur (dB/mm);
f — frecvenţa (MHz);
ρ — rezistivitatea;
μ — permeabilitatea magnetică;
L — atenuarea în alte materiale decît cupru (dB/mm).

Pentru a determina atenuarea în cupru, se selecţionează pe nomograma din figura 60 o frecvenţă pe scara f şi se citeşte atenuarea pe scala A. Pentru alte materiale se precizează rezistivitatea pe scala ρ şi permeabilitatea pe

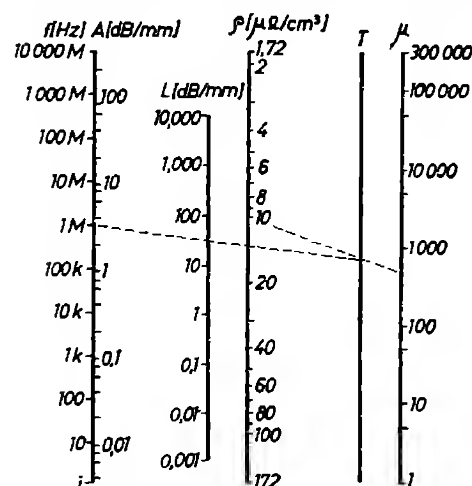


Fig. 60 Nomograma de calcul al grosimii ecranului electrostatic.

Material	ρ[μΩ/cm³]	μ
Nichel	7	110 ... 600
Fier	80	... 620
Oţel (Si puţin)	16	170 ... 8 400
Oţel (Si mediu)	25	260 ... 7 740
Oţel (Si mult)	34	450 ... 7 800
Permaloy	21	6 000 ... 100 000
Mumetal	25	7 000 ... 100 000
Aluminiu	2,83	1
Alamă	7,5	1
Cupru	1,72	1
Bronz fosforos	11,5	1
Staniu	11,5	1
Zinc	5,9	1

scala μ şi se unesc printr-o linie care taie scala T într-un punct, punct care este unit cu punctul localizat pe scala f, iar dreapta astfel construită dă o intersecţie cu scara de atenuare L.

Un ecran electrostatic este eficace cînd este conectat la un potenţial de referinţă de semnal zero al circuitelor electronice conţinute în interiorul ecranului. Ecranul poate fi considerat drept calea de a drena curentul nedorit la un punct de masă. De aceea, segmentele de ecrane trebuie să fie legate în tandem printr-un conductor şi apoi acesta este conectat la potenţialul de referinţă de semnal zero. De aceste două reguli se ţine seama în proiectare.

Ecranarea corectă a circuitelor electronice se face atunci cînd alimentarea cu energie a acestora de la reţea prin transformator, are ecran între înfăşurarea

primară și cea secundară [27]. Ecranele transformatoarelor de putere se confecționează din cupru sau aluminiu, materiale nemagnetice care nu împiedică cuplarea cîmpului magnetic între primar și secundar. În mod practic, ecranul unui transformator este un înveliș de cupru sau aluminiu sau o înfășurare dintr-un strat; el constituie o spiră deschisă. Ecranul transformatorului este un segment de ecran din ecranul global al aparatului electronic (caseta) și este conectat, conform celor amintite mai sus, la ecranul global. Ecranul transformatorului este apropiat de ambele înfășurări care se află la potențiale diferite. Fiecare spiră avînd potențiale diferite și o capacitate față de ecran diferită, determină curgerea unui curent prin capacitatea spiră-ecran, și cauzează trecerea curentului pe două căi separate, de ambele părți ale ecranului (fig. 61). Bucla de curent din primar *1—2—3—4—5* este în afara învelișului ecran, dar bucla de curent din secundar *1—6—7—3—4—5* se închide prin conductorul de intrare a semnalului *6* și aceasta trebuie luat în considerație. Dacă C_{se} are o reactanță de 1 MΩ la 50 Hz, iar diferența de potențial pe transformator de la 6 la 7 este de 5 V, atunci va curge un curent de 5 μA prin bucla de masă a secundarului. Dacă conductorul de referință al semnalului de intrare *6* are o rezistență totală de 2 Ω, rezultă un semnal perturbator de 10 μV, care este excesiv în multe prelucrări din aparatura electronică. Problema se poate soluționa conectînd ecranul transformatorului la potențialul de referință de semnal zero al circuitului pe care îl alimentează. Aceasta limitează curenții care circulă prin secundar, prin capacitatea C_{se} pe bucla *3—6—7—3* (fig. 62) buclă ce nu cuprinde rezistența conductorului *6*.

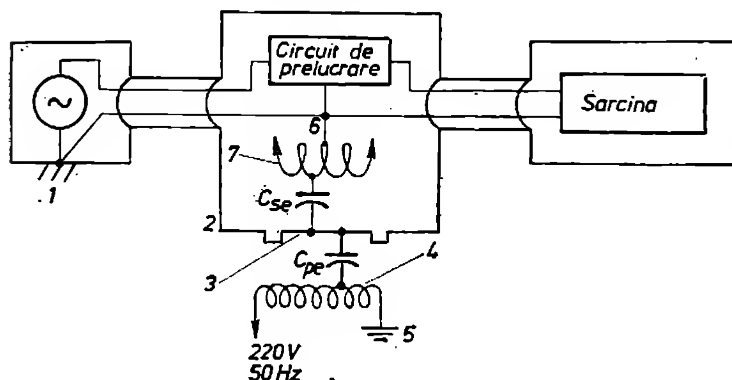


Fig. 61. Ecranarea simplă a transformatorului de alimentare a unui sistem electronic.

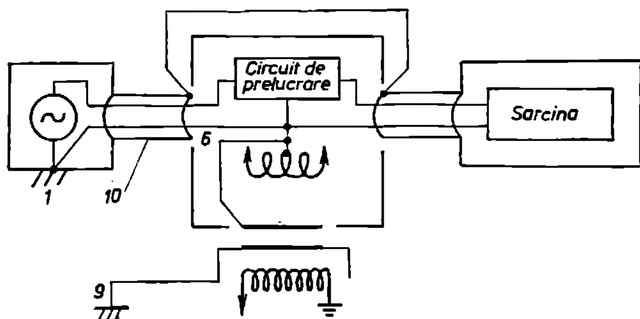


Fig. 62. Ecranarea dublă a transformatorului de alimentare a unui sistem electronic.

Dar această soluţie duce la mărirea curentului din primar, prin capacitatea C_{e_2} prin bucla 4—3—6—1—5—4 şi cuprinde şi conductorul de masă al semnalului de intrare 6 şi care duce la un semnal perturbator de 100 μV. Curentul care curge prin conductorul de referinţă de semnal zero, în cazul utilizării unui transformator de alimentare simplu ecranat nu poate fi eliminat. În multe aplicaţii, efectele culegerii perturbaţiilor pot fi reduse la minim şi este adoptată ecranarea simplă.

Se adaugă un al doilea ecran plasat peste primul, dar izolate electric. Ecranul cel mai apropiat de înfăşurarea primară este numit ecran primar.

Ecranul primar este adesea conectat la şasiu sau caseta aparatului. Curentul prin ecranul primar curge pe calea 8—4—5—9—8 prin capacitatea C_{e_2p}. Curentul prin ecranul secundar curge prin bucla 3—6—7—3 prin capacitatea C_{se_1}; deci, în ambele bucle, curentul nu trece de-a lungul conductorului 6 de semnal de referinţă zero.

Punctul de conectare a ecranului primar trebuie luat în considerare, deoarece diferenţa de potenţial între conexiunile de masă 1 şi 9 va cauza curgerea unui curent prin capacitatea $C_{e_1e_2}$, prin bucla care include şi conductorul de referinţă de potenţial zero.

În plus, capacităţile de scurgeri sau mutuale de la înfăşurarea primarului la ecranul secundar şi de la înfăşurarea secundarului la ecranul primar nu au fost prezentate în figura 62, dar ele există în realitate.

Transformatorul dublu ecranat dă o oarecare imunitate la culegerea de perturbaţii provocată de curgerea curentului reactiv.

Ecranul 2 este conectat numai la un punct de masă. Distanţa la această conectare poate varia mult, în funcţie de prelucrările de semnal. La distanţe mari, efectele inductive şi de linie de transmisie permit să se dezvolte diferenţe de potenţial de-a lungul ecranului, care se pot cupla cu semnalele utile din circuitele sensibile conţinute în interiorul ecranului.

Ecranarea dublă a transformatorului de putere este o regulă de generalizare importantă. Şi anume, numărul de ecrane separate cerute într-un sistem egal cu numărul semnalelor independente care sînt prelucrate, plus un ecran pentru fiecare intrare de putere, regulă care, împreună cu celelalte două enunţate mai înainte, formează baza de proiectare constructivă a unui aparat electronic.

Ecranul primar 9 (fig. 63) se conectează printr-un conductor separat de la 9 la punctul de masă 1. Practic, se foloseşte conductorul ecran 10. Dacă sînt prelucrate semnale de nivel mic, prin această linie lungă se vor capta

Fig. 63. Ecranarea segmentată a unui sistem electronic.

semnale perturbatoare, din cauza curentului de ecran care va stabili un gradient de potențial în lungul ecranului.

Dacă sînt prelucrate mai multe semnale care au aceeași referință de semnal zero, nu este necesar un fir de conexiune separat pentru fiecare circuit de prelucrare. Dacă se utilizează un ecran pentru conectarea la acest potențial de referință zero, este de preferat să se aleagă ecranul semnalului de nivel mare. Dacă aceasta nu este convenabil, este indicat să se folosească conductor separat de legare la masă.

Întoarcerea ecranului primar la masă prin ecranul de intrare aduce un avantaj însemnat, și anume, reduce suprafața buclei *1—6—9—1*, care include conductorul semnalului de intrare *6*, care ar supune intrarea circuitului de prelucrare la interferențe magnetice nedorite. Prin conectarea ecranului primar la masă se reduce posibilitatea captării de perturbații.

În concluzie, proiectarea constructivă a oricărui circuit sau sistem electronic implică formarea unor bulce de curent, din care unele permit culegerea de semnale nedorite. Proiectarea corectă pentru localizarea buclelor de curent, în vederea stabilirii diferențelor de potențial pe lanțul conductorilor de masă și ecrane, pornește de la conductorul, respectiv ecranul, de referință de semnal zero; se localizează buclele de curent și capacitățile parazite de scurgeri, precum și toate căile posibile de întoarcere la punctul de referință de semnal zero (conductor de semnal zero sau punct „rece", respectiv ecran de referință); toate punctele de masă sau pămînt trebuie, apoi, legate împreună.

Pentru ecrane magnetice se folosesc ecrane speciale; numai șasiul și caseta sînt foarte rar utilizate și aceasta doar pentru cîmpuri magnetice de intensitate slabă. Ecranarea corectă se obține cînd însăși sursa de cîmp magnetic este ecranată.

Cîmpul magnetic trebuie privit cu atenție, în special în cazul existenței transformatoarelor ca subansambluri funcționale de alimentare și ca subansambluri de cuplare a semnalelor, în cazul cablurilor prin care trec curenți, în liniile de transmisiune. De exemplu, pentru o buclă de suprafață 1 cm^2, aflată într-un cîmp perturbator de la rețea de 10 Gs se induce un semnal perturbator de $U = 10^{-8} n A \frac{dB}{dt} \simeq 35\ \mu V$. Deci, este important să se reducă la minim suprafețele buclelor legate la conectoarele și cablurile de intrare.

Ecranul electrostatic al unui transformator, considerat ca o spiră deschisă, comportă între capete o diferență de potențial (fig. 64), care determină un curent în capacitățile distribuite. Fiecare element de capacitate distribuită împreună cu bucla corespunzătoare de curent, (fig. 64, *b*) formează o suprafață care, ca în exemplul numeric dat înainte, introduce o tensiune perturbatoare. Prin alegerea contactului de ecran, perturbația poate fi diminuată.

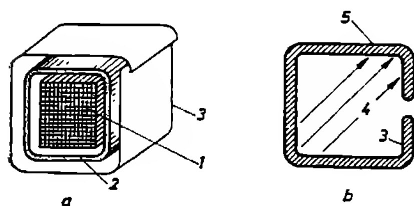


Fig. 64. Ecranul elecrostatic al unui transformator:
1 — miez magnetic; *2* — înfășurare; *3* — ecran; *4* — liniile de flux magnetic; *5* — suprafața buclei în care se induce tensiunea perturbatoare.

3.2.3. PROIECTAREA TERMICĂ A ELEMENTELOR DE RĂCIRE (ŞASIU, CASETĂ, RADIATOR)

Disiparea de căldură. Componentele care lucrează la tensiuni mari sau puteri mari nu se montează în construcţie modulară de densitate mare, deoarece acestea cer legături de conectare de diametre mari şi spaţii mari între diferitele puncte cu potenţiale diferite. Montarea acestor componente direct pe şasiu le permite să fie întinse pe suprafeţe mari şi să înlăture pericolul unor scurtcircuituri şi a unor supraîncălziri.

Deoarece şasiul este metalic, el acţionează ca un bun reglor termic pentru componentele cu disipare mare de căldură. Şasiul poate contribui la răcire prin mărirea suprafeţei de transfer şi a căldurii disipate prin convecţie sau radiaţie, sau poate transfera energia de la sursa de căldură prin conducţie.

Conducţia este metoda de transfer a căldurii cea mai eficientă de la sursa caldă la şasiu (casetă) şi este o funcţie de secţiunea transversală, lungime şi diferenţa de temperatură faţă de mediul ambiant.

Convecţia este metoda efectivă de transfer a căldurii de la sursa caldă la mediul ambiant şi de la sursa caldă la şasiu (casetă). Răcirea prin convecţie este funcţie de rezistenţa termică, de condiţiile de suprafaţă, felul fluidului de răcire, viteza şi caracterul dinamic al curgerii fluidului de răcire (turbulent sau laminar) şi de diferenţa de temperatură între suprafaţă şi fluid.

Radiaţia este importantă în transferul căldurii prin aripioare de răcire. Răcirea prin radiaţie depinde de suprafaţă şi de prelucrarea lucioasă sau mată a suprafeţei (tabelul 8), de diferenţa de temperatură între sursa caldă şi obiectele adiacente sau spaţiul înconjurător [28].

Tabelul 8

Coeficientul de radiaţie în funcţie de tratamentul de suprafaţă

Suprafaţă	Coeficient de radiaţie R
Aluminiu lustruit	0,05
Cupru lustruit	0,07
Tablă de oţel laminat	0,66
Cupru oxidat	0,70
Aluminiu negru eloxat	0,7 ... 0,9
Email negru uscat în aer	0,85 ... 0,91
Lac închis	0,89 ... 0,93
Vopsea de ulei neagră	0,92 ... 0,96

Calculul transferului de căldură, a rezistenţei termice sursă caldă — mediu ambiant, se face pentru a avea o proiectare constructivă corect corelată cu solicitarea electrică.

Rezistenţa termică, simbol θ_{AB} (care denotă că transferul de căldură are loc de la A la B), în unităţi de măsură [°C/W], este o măsură a transferului de căldură între două puncte de conductivitate termică ale sistemului, ce au temperaturile T_A, respectiv T_B, cu o disipare de putere P_D:

$$\theta_{AB} = \frac{T_A - T_B}{P_D}. \quad (°C/W)$$

Se poate face o analogie între caracteristicile electrice și caracteristicile termice: diferența de temperatură are analog electric tensiunea U, rezistența termică θ — rezistența electrică R, iar puterea disipată este analogă curentului I ($R = U/I$, în mod analog $\theta = T/P$). Un exemplu simplu al acestei analogii este dat în figura 65. Circuitul este valabil numai în cazul în care sis-

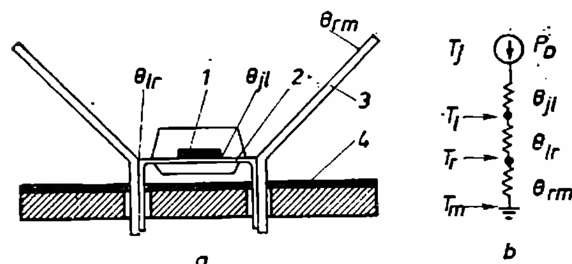


Fig. 65. Model de disipare a căldurii: *a* — circuitul mecanic; *b* — circuitul electric echivalent; *1* — sursa caldă; *2* — element de legătură la radiator (cupru); *3* — radiator; *4* — circuit imprimat $T_j > T_l > T_r > T_m$.

temul este la echilibru termic (curent de căldură constant) și aceasta are loc cînd există o singură temperatură specifică sursei calde (de exemplu, pentru element activ, temperatura joncțiunii T_j) T_s, a elementului de legătură T_1 și a elementului de răcire (radiator, șasiu sau cablaj imprimat, sau casetă) T_c.

Rezistența termică a sursei de căldură-mediu ambiant (aer) în montarea verticală (fig. 66), cînd elementul vertical de răcire are orificii de răcire, este:

$$\theta_{sm} = \frac{1}{2I^2\eta(K_c + K_r)} \ [°C/W],$$

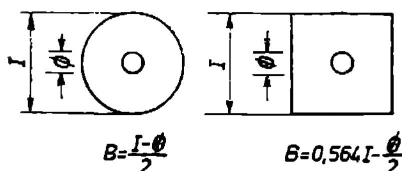


Fig. 66. Element de răcire simetric $\left(\text{pentru } I \gg \varnothing,\ B \simeq \frac{I}{2}\right)$.

unde I este înălțimea elementului de răcire;

K_c — coeficientul de transfer al căldurii prin convecție

$$K_c = 3{,}425 \cdot 10^{-4} \left(\frac{T_s - T_m}{I}\right)^{1/4} \quad [W/cm^2\ °C];$$

K_r — coeficientul de transfer al căldurii prin radiație

$$K_r = 2{,}278 \cdot 10^{-11}\ R \left(\frac{T_s - T_m}{2} + 273\right)^3 \quad [W/cm^2\ °C);$$

T_s — temperatura sursei de căldură [°C];
T_m — temperatura mediului ambiant [°C];
R — coeficientul de radiație a suprafeței;
η — factor de corecție, numit coeficient de eficacitate a transferului de căldură a elementului de răcire și care depinde de grosimea, forma, conducția termică etc. a elementului mecanic prin care

are loc transferul de căldură de la sursa caldă la mediul ambiant; se determină cu ajutorul nomogramei din figura 67.

Nomograma de calcul a coeficientului de transfer al căldurii se utilizează plecînd de la alegerea aproximativă a înălțimii I. Se calculează apoi coeficienții de transfer al căldurii prin convecție și prin radiație, $K = K_c + K_r$.

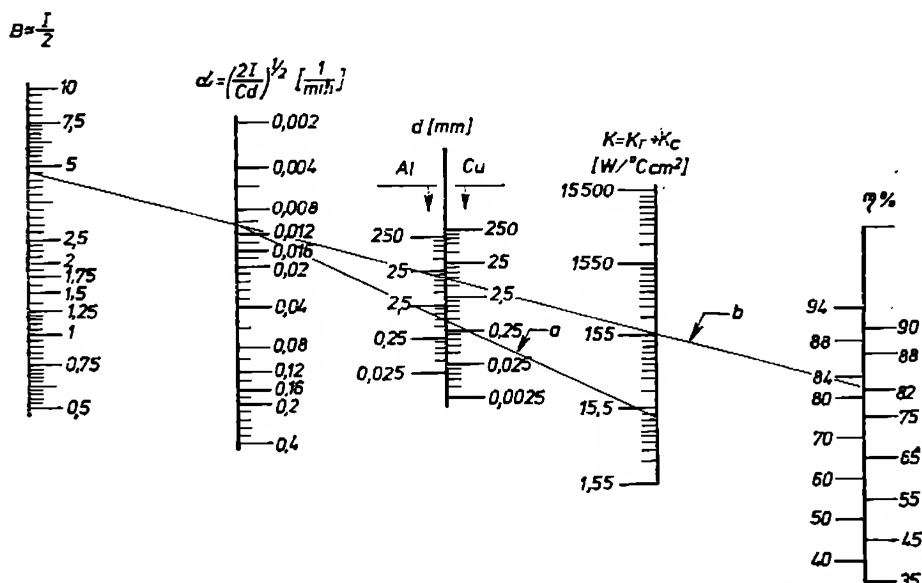


Fig. 67. Nomograma de calcul al coeficientului de eficacitate al transferului de căldură (c—conductivitatea termică a materialului din care este confecționat elementul de răcire).

Se determină α din valorile înălțimii alese I și a grosimii elementului de răcire d (linia a, fig. 67). Se determină η pentru valorile lui B, (fig. 66) și ale lui α (linia b). Valorile lui η astfel determinate sînt valabile pentru montarea verticală a elementului de răcire (cu $I \gg \varnothing$) în aer. Pentru alte condiții, η trebuie modificat după cum urmează:

— montare orizontală — se înmulțește K_c cu 0,7;

— montare orizontală cu una din fețele elementului de răcire eficace — se înmulțește η cu 0,5 și K_c cu 0,94;

— pentru elementele de răcire dreptunghiulare cu raportul laturilor 2:1, se înmulțește K cu 0,8;

— pentru elementele de răcire nesimetrice, la care sursa de căldură este montată la unul din capete — se înmulțește η cu 0,7.

Montarea componentelor trebuie astfel făcută, încît să se asigure un contact termic bun (pe o suprafață de contact sau prin intermediul unei rășini siliconice între suprafețele de răcire și cea a sursei calde). Se montează elementele de răcire în poziție verticală în locurile în care convecția este maximă. Se recomandă acoperirea galvanică (tratamente de suprafață) sau vopsirea suprafețelor elementelor de răcire pentru un transfer al căldurii prin radiație mai bun. Este indicat ca grosimea de răcire să fie mai mare de 1,5 mm pentru a avea o rezistență termică mică la montarea sursei calde în locul în care secțiunea transversală a elementului de răcire este cea mai mică.

Dacă densitatea de căldură ce trebuie disipată este mai mică de 0,038 W/cm^2 la presiune normală, se folosește răcirea naturală (conducție liberă, convecție, radiație). Pentru densități de căldură între 0,038 și 0,31 W/cm^2 este indicată răcirea forțată în aer. În cazul unor densități de căldură mai mari de 0,31 W/cm^2 se folosesc radiatoare metalice drept căi de conducție a căldurii spre coloanele de răcire cu lichid.

Proiectarea termică a unui element de răcire pleacă de la stabilirea condițiilor inițiale T_m și θ_{sm}; se determină T_s la punctul de contact între sursa caldă și elementul de răcire. Se alege elementul de răcire (material, prelucrare de suprafață, dimensiuni). Din calculul lui K_c și K_r și prin folosirea nomogramei din figura 67, se deduce η. Se calculează apoi θ_{sm}. Dacă rezultă un θ_{sm} prea mare sau prea mic, se repetă calculul pentru alte dimensiuni sau tratamente de suprafață ale elementului de răcire.

Un exemplu de proiectare termică a unui element de răcire (radiator șasiu sau casetă) simetric, montat vertical, din aluminiu negru eloxat de grosime 1,5 mm, care are rezistență termică 4°C/W, folosit pentru o sursă de căldură cu temperatura $T_s = 93°C$ (exemplu, pentru un element activ ce disipă o putere de $P_D = 9{,}5$ W, $T_j = 150°C$, $T_m = 60°C$, $\theta_{jl} = 6°C/W$, rezultă $T_s = 150°C - 9{,}5\ W \cdot 6°C/W = 93°C$). Pentru $d = 1{,}5$ mm și $R = 0{,}9$ se alege $l = 90$ mm. Rezultă $K_c = 0{,}598 \cdot 10^{-3}$ W/°C $\cdot$ cm^2 și $K_r = 0{,}868 \cdot 10^{-3}$ W/°C $\cdot$ cm^2. Din nomogramă, $\eta = 0{,}84$, iar din calcul $\theta_{sm} = 5{,}1°C/W$, care este prea mare. Este necesar un element de răcire mai mare cu aproximativ 40%. Se alege, de exemplu, același element de răcire, dar cu $l = 110$ mm; rezultă $\eta = 0{,}75$, iar $\theta_{sm} = 3{,}98°C/W$.

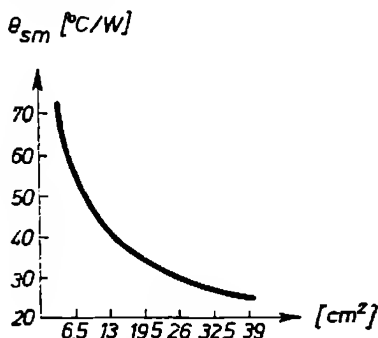


Fig. 68. Rezistența termică în funcție de suprafața foliei de cupru (3 mm grosime).

Cînd se utilizează ca element de legătură cuprul (de exemplu, folia de cupru a cablajului imprimat) între sursa caldă și elementul de răcire, se ia din diagrama prezentată în figura 68 valoarea rezistenței termice.

3.3. CONSTRUCȚIA REPERELOR DIN MATERIALE PLASTICE

Industria constructoare de echipamente electronice și tehnică de calcul nu poate fi concepută astăzi fără dezvoltarea unei ramuri anexă acestei industrii, ramură care să rezolve problema elaborării unor tehnologii de obținere a reperelor aferente realizării aparatelor electronice, tehnologii care să evite utilaje și SDV costisitoare, deoarece achiziționarea și executarea acestora

nu poate fi justificată ținînd cont că reperele se produc în serie mică și într-o mare varietate de forme. Plecînd de aici, cercetarea a condus la găsirea unor căi de rezolvare diferite decît cele legate de utilaje, SDV și repere costisitoare, dar care au dus la obținerea de piese a căror caracteristici în exploatare să fie corespunzătoare. Metoda care se folosește în mod curent pentru obținerea în serie mică a reperelor este aceea de uzinare a unor bare și profile din materiale plastice, dar care prezintă serioase dezavantaje: consum mare de material, manoperă relativ mare, blocarea de mînă de lucru calificată pentru repere cu valoare mică. Date fiind aceste dezavantaje, s-au continuat cercetările pentru a se obține și alte posibilități de confecționare a reperelor din materiale plastice.

Materialele plastice se utilizează din ce în ce mai mult în construcția echipamentelor electronice datorită *avantajelor* pe care le prezintă: anticorozive, electroizolante, greutate specifică mică, aspect plăcut, reperele executate nu necesită prelucrări ulterioare, pot avea forme complicate (cu găuri și adîncituri în orice secțiune, presare de filete), cost relativ scăzut, proprietăți mecanice relativ bune, pot fi metalizate.

Dezavantajele materialelor plastice: nu permit încă înlocuirea multor alte materiale utilizate în industria echipamentelor electronice; prezintă înrăutățirea proprietăților mecanice cu creșterea temperaturii, coeficient de dilatare mare, coeficient de transmitere a căldurii foarte mic.

Proprietatea comună tuturor materialelor plastice este plasticitatea obținută prin încălzire. Materialele termoplastice au plasticitatea reversibilă, reperele se execută prin turnare (injecție) și presare. Materialele termoreactive nu mai pot fi replastifiate după obținerea formei finite la cald; reperele se execută prin presare.

La proiectarea reperelor din materiale plastice se are în vedere ca:

— grosimile pereților să fie pe cît posibil aceleași, pentru a elimina posibilitatea variațiilor de structură locală la încălzire și deformarea la răcire; grosimea minimă 0,5 ... 2 mm;

— raze de racordare mari (0,3 ... 0,4 din grosimea pereților), pentru a ușura executarea matriței pentru presare;

— înclinarea pereților reperelor ce au grosimi mai mari de 10 mm cu aproximativ 20' ... 3° pentru a ușura scoaterea reperelor din matriță;

— prevederea unor nervuri de rigidizare pentru ca reperele netede prin răcire să nu se deformeze;

— găurile să nu fie proiectate în apropierea marginilor reperelor sau în vecinătatea pereților;

— pasul filetelor presate să nu fie mai mic de 1 mm.

Deoarece la răcirea reperelor realizate din materiale plastice sînt înghețate tensiuni interne care pot duce la deformații ulterioare, reperele sînt supuse unui tratament de îmbătrînire timp de cîteva ore la temperatura de 80 ... 100°C.

Materialele termoplastice cele mai utilizate în industria radioelectronică și echipamente electronice sînt:

— *Policlorura de vinil* (PCV) = acetilenă + HCl gazos → clorura de vinil care este apoi polimerizată. PCV este dur (vinidur); cu adaosuri de plastifianți este moale (viniplast). Prelucrarea nu se face prin injecție, deoarece temperatura de înmuiere este apropiată de temperatura de descompunere, iar HCl atacă matrița metalică. PCV se utilizează pentru învelișurile izolante

de cabluri și pentru confecționarea casetelor de aparate electronice cu dimensiuni și mase mici.

— *Polistirenul:* etenă + benzen → stiren, care este apoi polimerizat. Este un material izolant cu calități foarte bune; se utilizează în înaltă frecvență pentru confecționarea de carcase de bobine, socluri, izolarea cablurilor. Se prelucrează prin injectare în matriță.

— *Poliamide și poliuretani* (fire de nylon, relon, perlon sau se utilizează sub formă de granule) larg întrebuințate sub formă de lacuri pentru impregnări și acoperiri de protecție, dar se utilizează și ca izolant pentru cabluri, confecționare de repere dure, roți dințate etc.

— *Materiale plastice fluorurate* sînt cele de tip teflon (politetrafluoretena) și de tip hostaflon (policlortrifluoretena). Se utilizează pentru confecționarea de repere ce lucrează în condiții grele (industria chimică și temperaturi foarte ridicate), deoarece nu ard și sînt rezistente la acțiunea substanțelor chimice; dar se prelucrează greu.

— *Rășini poliesterice nesaturate:* acizi grași + alcool (policondensare). Folosirea rășinilor de turnare pentru realizarea de piese pentru industria constructoare electronică se limitează în general la două tipuri de rășini: rășini poliesterice și rășini epoxidice (rășinile epoxidice sînt materiale plastice termoreactive, ce vor fi prezentate la paragraful respectiv).

Ambele rășini sînt materiale ce pot fi reticulate (întărite) la rece, conducînd la produse ale căror caracteristici fizico-mecanice se păstrează în timp; nu sînt atacate de solvenți și reproduc foarte bine detaliile matrițelor în care sînt turnate. Pentru ca obținerea produselor finite să se efectueze în timpul cel mai scurt posibil, trebuie să se aleagă în mod corespunzător pentru fiecare tip de rășină tipul și concentrația agentului de întărire. Agentul de reticulare pentru rășinile poliesterice este format din peroxid + sarea unui metal sau o combinație organo-metalică. Operația de reticulare nu are loc cu degajare de gaze, de aceea se efectuează la presiune atmosferică. Această caracteristică mărește mult sfera de aplicabilitate în comparație cu alte duroplaste. Folosirea șarjelor și a altor materiale (coloranți, plastifianți etc.) permite modificarea unor proprietăți. Astfel folosirea fibrelor de sticlă duce la creșterea caracteristicilor mecanice cu aproximativ 200%, ajungînd la rezistențe comparabile cu ale aluminiului sau chiar cu ale unor tipuri de oțel.

Caracteristicile fizico-mecanice ale rășinilor poliesterice reticulate și șarjate cu fibre de sticlă sînt date în tabelul 9. La noi în țară se utilizează în con-

Tabelul 9

Caracteristici fizico-mecanice ale rășinilor poliesterice reticulate și șarjate cu fibră de sticlă

Caracteristici fizico-mecanice	Rășină fără șarje	Rășină ranforsată		
		30% fibră de sticlă	60% fibră de sticlă	70% fibră de sticlă
Alungire la rupere [%]	4	1,9	2	2
Rezistență la tracțiune [kg/cm²]	850	1 000	3 300	3 800
Rezistență la flexiune [kg/cm²]	1 500	1 900	4 400	4 200
Rezistență la compresiune [kg/cm²]	—	1 500	2 900	2 800
Modul de elasticitate [kg/cm²]	35 000	70 000	190 000	230 000
Rezistență la șoc				
Dynstat [cm. kg/cm²]	6	40	—	—
Duritate H_D [60 kg/cm²]	1 800	—	—	—

strucția aparaturii electronice produsele fabricii Policolor: Nestrapol H 432 (cu agent de reticulare naftenat de cobalt) și Nestrapol L 120 (cu agent de reticulare peroxid de ciclohexanonă); pentru a mări gradul de fluiditate, se folosește ca diluant stirenul. Se execută din aceste termoplaste distanțiere pentru tranzistoare, rame pentru aparate de măsură, butoni, borne de aparate electronice.

Procesul tehnologic de obținere a reperelor din rășini poliesterice și rășini epoxidice folosind matrițe din elastomeri siliconici este:

— pregătirea și dozarea materiilor prime: se dozează conform rețetei, se omogenizează cu o baghetă (dozarea este volumetrică fiind componenți lichizi);

— turnarea reperelor în matrițe de elastomeri siliconici: pregătirea matrițelor, pregătirea și ungerea cu demulant (STAS 562-65 produs PECO), turnarea rășinii în fir subțire pentru a se evita includerea bulelor de aer, demularea pieselor;

— controlul se va efectua conform caietelor de sarcini verificînd și măsurînd caracteristicile ce se cer: aspect lucios fără găuri sau alte defecte, deformare la cald măsurată la cel puțin 65°C, rezistența la șoc.

Dintre **materialele termoreactive** utilizate în industria electronică cităm:

— *rășini fenolice:*

fenol (sau crezol) + formaldehida $\xrightarrow{\text{prin condensare}}$ rezol (rășină tip A solubilă)
rezol $\xrightarrow{\text{încălzit}}$ rezitol (rășină stare B, puțin solubilă, se înmoaie)
rezitol $\xrightarrow{\text{încălzit}}$ rezită (rășină stare C, insolubilă, nu se topește)
rășini fenolice + adaosuri de umplutură → bachelită (praf de presare)
rășini fenolice + materiale stratificate

hîrtie → pertinax
pînză → textolit

— *aminoplaste:* melamină + rășini ureice (carbamidă); au caracteristici asemănătoare rășinilor fenolice, stabile la lumină; se pot obține în nuanțe deschise variate.

— *rășini epoxidice:* fenol + epiclorhidrină prin policondensare pe cale sintetică. Se găsesc în industria constructoare de echipamente electronice sub denumirea de dinox, epox, ardalit. Caracteristici: sînt foarte adezive față de aproape toate materialele, proprietăți electroizolante ca și materialele termoplaste, caracteristici fizico-mecanice foarte bune (tabelul 10). Se prelu-

Tabelul 10

Caracteristici fizico-mecanice ale rășinilor epoxidice

Caracteristici fizico mecanice	Rășină fără șarjă	Rășină șarjată	
		220 părți silice	150 părți silice
Duritate [10 kg/cm²]	1700	2900	2550
Rezistență la șoc [kg/cm²]	12	4	3
Rezistență la flexiune [kg/cm²]	1250	1020	700
Rezistență la compresiune [kg/cm²]	1150	1400	1300
Rezistență la tracțiune [kg/cm²]	750	400	250
Alungire la rupere [%]	2,5	0,5	0,3
Rezistență la deformare la cald (Martens) [°C]	63	81	78
Coef. de contracție liniară [%]	0,8	0,76	0,78

crează prin turnare pentru realizare de repere, dar se folosesc și ca substanțe adezive, ca materiale de impregnare pentru bobine și miezuri magnetice și ca grunduri pentru diverse lacuri.

Agentul de reticulare pentru rășinile epoxidice constă în combinații organice care au gruparea aminică sau anhidrică a unui acid organic.

Ca rășini epoxidice realizate și utilizate în construcția reperelor pentru industria electronică amintim: Dinox 110, produs al întreprinderii Genica (ca agent de întărire se utilizează anhidridă ftalică; Dinox este o rășină cu structurare la 100 ... 200°C) și Epodur C produs al întreprinderii Anticorozivul (care folosește un întăritor din clasa aminelor, deoarece Epodur C este o rășină cu întărire la rece).

Caracteristicile principale mecanice și electrice ale Dinox 110 E sînt prezentate în tabelul 11.

Tabelul 11

Caracteristicile electrice și fizice ale rășinii Dinox 110F întărită

Duritate Brinell	1200 ... 1500 kg/cm^2
Stabilitate termică	110°C
Coef. dilatare termică	6,3 · 10^{-5} mm/mm/°C
Constantă dielectrică la 50 Hz	5,5.
Tangenta unghiului de pierderi la 1 kHz	1,5 · 10^{-2}
Rezistivitatea de suprafață	9,32 · 10^{13}
Rezistivitatea de volum	4,4 · 10^{12}
Rigiditate dielectrică la 50 Hz (placă de ≠ 3 mm)	1,56 kV/cm

Din Dinox 110 E se realizează distanțieri, butoni de aparate electronice, mînere, blocuri care pot fi prelucrate la strung și freze, înglobări de piese și subansambluri funcționale în bloc, înglobări de conexiuni. Piesele înglobate nu mai pot fi apoi demulate pentru a putea fi refolosite.

Procesul tehnologic pentru obținerea reperelor din rășini epoxidice folosind matrițe de elastomeri siliconici este prezentat mai sus, fiind același ca la obținerea reperelor din rășini poliesterice.

Siliconii. Materialele plastice prezentate pînă acum sînt materiale organice, adică compuși ai carbonului. La siliconi, în locul carbonului este siliciul (obiectul chimiei anorganice). Macromolecula, baza structurii chimice a materialelor plastice, se bazează pe legăturile covalente ale carbonului cu molecule simple. Siliconii cuprind și grupe organice în macromoleculă. În această categorie intră rășinile siliconice, cauciucurile siliconice, lacuri, uleiuri etc., ce sînt în funcție de gradul de polimerizare. Proprietățile sînt asemănătoare cu cele ale maselor plastice, în plus avînd în componență materiale minerale sînt rezistente la temperaturi ridicate.

Elastomerii siliconici și anume cauciucurile siliconice cu vulcanizare la rece, cunoscute sub denumirea de cauciucuri și elastomeri RTV (room temperature vulcanizing = raumtemperature — vernezer) se recomandă ca cele mai adecvate materiale pentru obținerea matrițelor de turnare. Datorită greutății moleculare mici (1 000 ... 100 000), acești elastomeri se prezintă sub formă de paste cu viscozitate cuprinsă între 7 000 ... 300 000 cst.

Vulcanizarea cauciucurilor siliconice se realizează prin acțiunea agenților de reticulare asupra grupărilor hidroxilice terminale din structura chimică

a polimerului. Ca agenți catalizatori de întărire se folosesc: alcoxisilani, alcoxisilexani, combinațiile organometalice, aminele etc. Rezultate bune în țara noastră s-au obținut cu întăritori de tip alcoxini- silan și catalizator de tipul compușilor de staniu.

Timpul de prelucrare și implicit timpul de întărire sînt în funcție de cantitatea și natura sistemului de vulcanizare, de temperatură, de umiditate și de *p*H-ul sistemului. Variind acești parametrii se pot obține timpi de întărire de la cîteva minute la cîteva zile.

Cauciucurile întărite au proprietăți comune: sînt stabile în domeniul de temperatură —60 ... +250°C, sînt rezistente la apă, ozon, descărcări corona, oferă suprafețe antiaderente, au capacitatea de a reproduce detalii complicate în procesul de turnare. Aceste ultime caracteristici le fac apte pentru folosirea lor în fabricarea matrițelor fără a folosi utilaje complicate și costisitoare.

Cauciucurile siliconice sînt comercializate sub diferite denumiri. Ele diferă în general prin consistența lor, care le face recomandabile unei destinații sau alta. Se utilizează în principal ca mase de turnare și ca mase pentru stratificare.

Masele de turnare sînt cele corespunzătoare fabricării matrițelor, datorită proprietăților de demulare deosebite, contracției reduse, rezistenței la temperaturi ridicate, capacității de reproducere a detaliilor.

Procesul tehnologic de realizare a matrițelor și SDV-urilor constă din:

— pregătirea modelului de bază executat din lemn, metal, ceramică, sau orice altă substanță rezistentă la o pensulare cu cauciuc siliconic; modelul trebuie să fie lustruit pentru a asigura luciul puternic pieselor turnate în matrița din cauciuc siliconic;

— prepararea amestecului de cauciuc siliconic și a agentului de întărire; agentul de întărire trebuie să fie uniform dispersat în masa de cauciuc, amestecarea putînd să se facă în orice fel de vas, manual sau mecanic, dar evitînd antrenarea aerului în masa de amestec;

— pensularea modelului cu cauciuc siliconic pentru a se copia cu exactitate detaliile de pe suprafața modelului și pentru a se evita formarea de bule de aer în detalii în timpul turnării;

— turnarea matriței (în jurul modelului se pune o ramă de turnare).

Pentru a se obține rezultate bune, dimensiunile matriței nu trebuie să fie mult mai mari decît ale modelului. Turnarea se execută încet în fir subțire începînd dintr-un colț al ramei de turnare.

Dacă se realizează o matriță cu mai multe părți, amestecul de cauciuc și întăritor se poate turna peste cauciucul întărit numai după ce acesta a fost acoperit în prealabil cu o peliculă de alcool polivinilic sau nitroceluloză sau alt agent demulant.

Întărirea matriței se face la temperatura camerei sau ceva mai ridicată cînd este necesară o viteză de întărire mai mare. Timpul de întărire a unei matrițe cu pereți ce nu depășesc 6 mm grosime este de 12 ... 24 ore; întărirea la 90°C reduce timpul de întărire cu 40 ... 50%. În cazul în care matrițele sînt supuse în timpul lucrului la temperaturi ridicate, ele trebuie condiționate termic după un program care cuprinde etape de încălzire la intervale de 30°C începînd de la temperatura de 90°C și pînă la temperatura de lucru.

3.4. CONSTRUCȚIA ȘI TEHNOLOGIA CARCASELOR ELEMENTELOR BOBINATE

Proprietățile mecanice și electrice ale carcaselor bobinelor trebuie să satisfacă anumite cerințe: rezistență mecanică bună, rigiditate dielectrică mare, rezistență de pierderi mare, stabilitate la factorii climatici și mecanici, corespunzător domeniului de funcționare.

Clasificarea carcaselor după formă este: tubulare (cu secțiune cerc, pătrat, dreptunghi), figura 69, *a*; tubulare cu flanșe, figura 69, *b*; tubulare cu flanșe și galeți, figura 69, *c*; plane cu diverse forme, figura 69, *d*; toroidale cu diferite secțiuni (cerc, oval, patrulater regulat); cu nervuri longitudinale, figura 69, *e*.

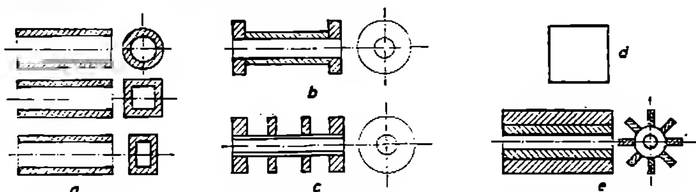


Fig. 69. Forme constructive de carcase pentru elemente bobinate.

O clasificare a carcaselor pentru elemente bobinate după materialul utilizat pentru confecționare, deci în funcție de domeniul de utilizare, se poate da: carcase din hîrtie izolantă (hîrtie celulozică lipsită de fibre de lemn), preșpan (carton presat de $\neq$ 0,01 ... 5 mm), pertinax (hîrtie + rășini fenolice) se execută sub forme diferite (tubulare, mosoare, plane); carcase din materiale plastice (tubulare cu flanșe și galeți, tubulare cu nervuri toroidale); carcase din materiale ceramice (tubulare, cu nervuri, mosoare, toroidale, plane); carcase din aliaje metalice (toroidale). Conductorul de bobinat îndeplinește uneori rolul carcasei, cînd bobinarea se realizează direct pe miezul magnetic din alsifer sau ferită (tubulare, cilindrice, toroidale).

Tehnologia de realizare a carcaselor este în funcție de materialul utilizat și nu în funcție de formă.

Carcasele din hîrtie se confecționează astfel: se rulează hîrtia pe o mașină de bobinat specială avînd ca suport un dorn. În timpul bobinării, hîrtia este unsă pe o față cu lac de bachelită. Pentru a nu se lipi hîrtia de dorn, acesta este uns cu vaselină. Prin încălzirea dornului la 170 ... 180°, lacul de bachelită se usucă și se asigură o bună lipire a straturilor de hîrtie între ele. Se introduce apoi într-un cuptor pentru polimerizarea lacului, după care se prelucrează mecanic pentru a se obține dimensiunile finale. Pentru mărirea rigidității dielectrice, carcasele din hîrtie se impregnează cu lac de bachelită.

Carcasele din pertinax se realizează, în mod deosebit, de forme plane. Carcasele tubulare se execută din tuburi de pertinax. La extremitățile tubului se realizează crestături pentru prinderea flanșelor; flanșele se confecționează din pertinax mai gros decît cel al carcasei. Galeții se realizează din pertinax mai subțire prin ștanțare. Flanșele se fixează pe tub prin urechi; apoi se încleiază. Asamblarea se face pe dispozitive speciale pentru a se păstra distanțele proiectate și pentru a se menține perpendicularitatea. După asamblare se ung cu lac de bachelită, se usucă și se introduc în cuptor pentru polimerizare.

Pentru carcase din materiale plastice se utilizează atît materiale termoplaste, cît și termoreactive (fig. 70). Presarea materialelor termoreactive în matrițe se face cu prese hidraulice; se execută cu o preîncălzire a prafului de presare. Materialele termoplaste se presează prin injecție: camera de presare este despărțită de camera de lucru a formei de presare; materialul de presat

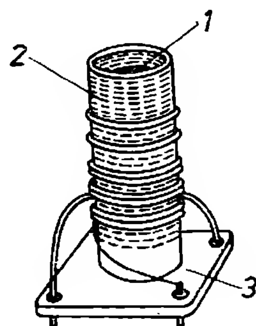


Fig. 70. Transformator cu miez reglabil (ferită sau alamă) bobinat pe carcasă din material plastic:
1 — miez; 2 — înfășurări; 3 — carcasă.

este introdus în camera de presare și sub acțiunea căldurii (încălzire cu aburi) și a presiunii, materialul se plastifiază și prin orificii înguste practicate în matriță, trece în cavitățile de lucru ale formei de presare. După presare urmează debavurarea.

Carcasele din ceramică sînt utilizate pentru condiții mai grele de exploatare, deoarece materialele ceramice au mare stabilitate cu temperatura, umezeala și la acțiunea multor substanțe chimice. Materialele ceramice se modelează la rece sub influența umidității, iar prin uscare se întăresc. Pentru mărirea rezistenței mecanice se calcinează în cuptoare. Compoziția materialelor ceramice este: argile (săruri de aluminiu ale acidului silicic) la care se adaugă feldspat, cuarț (caolinul este un silicat de aluminiu cu puritate foarte mare; porțelanul este caolin 40 ... 65%, feldspat 15 ... 35% și cuarț 12 ... 30%); silicați de magneziu (talc) (utilizate pentru înaltă frecvență: steatit, calit, frecventit); bioxid de titan (cu proprietăți dielectrice foarte bune, utilizat la fabricarea condensatoarelor). Procesul tehnologic de confecționare a carcaselor pentru bobine (ca și a altor repere) din materiale ceramice este: măcinarea și omogenizarea masei ceramice; formarea sau transformarea masei ceramice în produs (presare uscată în matrițe de oțel — pentru piese plane cu găuri mici; extrudere — pentru piese cilindrice și tubulare; turnarea fierbinte sub presiune); uscarea pentru îndepărtarea apei de formare, cînd pot apare pori în piesă și se îndepărtează rebuturile rezultate; calcinarea sau arderea în cuptor pentru sintetizarea particulelor ceramice; prelucrarea mecanică.

Carcasele metalice sau din aliaje folosesc în mod deosebit aluminiul și aliaje de aluminiu, care au avantajul acoperirii prin anodizare cu stratul de oxid pentru izolare electrică. Se realizează carcase metalice pentru cazuri de gabarite precise și cu variații mici în exploatare (carcase pentru rezistențe bobinate de precizie, carcase pentru reostate etc.). Carcasele din metal se obțin prin turnare sub presiune.

3.5. TEHNOLOGIA INSCRIPȚIONĂRILOR ÎN CONSTRUCȚIA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Echipamentele electronice sînt inscripționate conform STAS 8749-1970 (Inscripționare echipamente electronice și radiocomunicații. Simboluri). Scalele și etichetele sînt de asemenea necesare pentru prezicerea datelor caracteristice. Realizarea inscripționărilor în construcția echipamentelor electronice ține seama de condițiile de exploatare pentru a se putea păstra în timp lizibilitatea.

După tehnologia de realizare a inscripționărilor, cadranelor, scalelor și etichetelor, acestea sînt cu relief (semnele sînt realizate în adîncime sau proeminență față de nivelul suportului) și inscripționări fără relief sau netede.

3.5.1. TEHNOLOGIA INSCRIPȚIONĂRILOR CU RELIEF

Prin *așchiere* la freză sau raboteză, semnele se gravează în adîncime (relief negativ), fiind un volum de material de îndepărtat mai mic decît în cazul realizării reliefului pozitiv. Frezarea se face utilizînd șabloane. Rabotarea inscripționează semnele unul cîte unul la cadranele de precizie, etalonate semn cu semn; marcarea și numerotarea semnelor rabotate se face prin frezare. Este un procedeu tehnologic scump; se recomandă pentru serii mici și foarte mici.

Presarea la rece realizează relieful prin deformarea permanentă a materialului suport, prin procedeele: imprimare, refulare, ambutisare.

— Imprimarea la rece se execută cu un poanson dur pe care sînt realizate în proeminență semnele de inscripționat; suportul etichetei este așezat pe o matriță dură care preia efortul poansonului; procedeul este economic la serie mare de piese pentru amortizarea sculei de imprimare.

— Refularea la rece utilizează un poanson dur pe care sînt realizate în adîncime semnele de inscripționat; prin aplicarea unei presiuni mari, materialul suportului etichetei ajunge în zona de curgere și umple golurile din poanson; pentru a nu curge materialul în afara dimensiunilor etichetei, se realizează asperizări prin tăierea de rețele încrucișate sau punctare deasă pe fața poansonului; procedeul este economic la producția de serie mică, mai ales la inscripționarea suporturilor din metale neferoase.

— Ambutisarea la rece se face cu un poanson pe care sînt realizate în proeminență toate semnele, o matriță pe a cărei față sînt realizate în adîncime semnele și un ținător de cute care împiedică materialul suport al etichetei (tablă de $\neq$ 0,5 ... 1 mm) să facă încrețituri; aspectul este mediocru, iar lizibilitatea redusă.

Presarea la cald este utilizată pentru realizarea scalelor și etichetelor din materiale plastice termoplaste și termoreactive; masa plastică este presată sau injectată în matriță; după scoaterea din matriță eticheta este răcită, apoi debavurată (prin injecție); aspectul este superior, lizibilitatea bună; procedeul este economic pentru serii mari.

Prin *turnare* se realizează etichete din aliaje topite: forma de turnare are semnele realizate în adîncime sau proeminență. După turnarea sub presiune, se răcește și se prelucrează dacă este cazul; nu este un procedeu economic.

Gravarea chimică a metalelor sau sticlei realizează un relief în materialul suport pe baza unor reacții chimice între materialul suport al etichetei și mediul de atac. Se obțin prin acest procedeu etichete cu inscripționări cu densitate mare de semne. Tehnologia de realizare este următoarea:

— se acoperă cu un strat de material protector rezistent la agentul de atacare a suportului etichetei (gelatină bicromatată pentru metale și parafină întinsă la cald pentru suport din sticlă);

— se delimitează semnele de inscripționat pe cale fotografică pentru metale, bicromatul de potasiu sau de amoniu fiind sensibile la lumină, sau pe cale mecanică pe mașini de divizat, cînd se realizează repere, sau la pantografe, cînd se trasează cifre, litere sau alte semne pentru suport sticlă;

— se introduce într-un mediu activ care corodează suportul în dreptul semnelor delimitate (acid clorhidric sau săruri ale acidului clorhidric pentru metale și acid fluorhidric pentru sticlă);

— se îndepărtează stratul protector de pe zonele acoperite prin spălare în apă caldă (70 ... 80°C).

Se pot obține diverse colorații pe metale prin alegerea agentului de corodare ce dă diverși compuși cu metalul suportului etichetei. Procedeul este neeconomic.

3.5.2. TEHNOLOGIA INSCRIPȚIONĂRILOR FĂRĂ RELIEF

Sînt în principal metodele utilizate în tipografie și fotografie. Tipărirea se poate realiza prin ștampilare sau prin transport (offset). Randamentul și productivitatea sînt mari, de aceea tipărirea inscripționărilor este mult întrebuințată în construcția echipamentelor electronice.

Ștampilarea folosește ștampile dure metalice sau ștampile elastice care transportă tușul de pe ștampilă, aplicat uniform prin presarea egală pe placa de tușare, pe suportul etichetei folosind dispozitive de poziționare corectă și de presare uniformă. Tușul este uniform repartizat pe suprafața plăcii de tușare cu ajutorul unui rulou de cauciuc. Ștampila este imprimată cu relieful negativ al semnelor de inscripționat. Precizia de inscripționare este medie.

Transportul (offset) unei imagini de pe un clișeu metalic pe etichetă prin intermediul unui cilindru de transport din cauciuc este prezentat în figura 71. Mașina tipografică de tip Offset are un batiu pe care alunecă o sanie

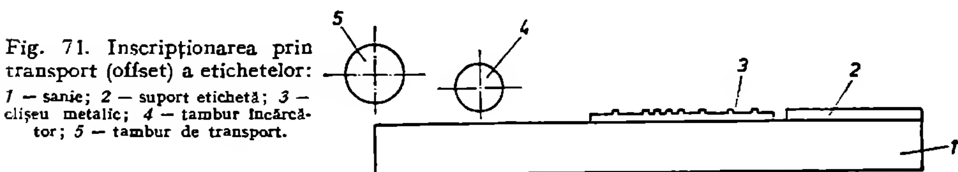


Fig. 71. Inscripționarea prin transport (offset) a etichetelor: *1* — sanie; *2* — suport etichetă; *3* — clișeu metalic; *4* — tambur încărcător; *5* — tambur de transport.

pe care sînt montate clișeul metalic cu semnele în relief și piesa suport de inscripționat. Tamburul încărcător depune un strat de tuș pe clișeul metalic; tamburul de transport culege tușul de pe clișeu și îl transpune pe suportul etichetei. Procedeul este economic și dă inscripționări de calitate în funcție de tușul sau vopseaua utilizată în etichetare.

Inscripționarea prin *procedeul fotografic* urmează tehnica fotografierii. Se acoperă cu emulsie sensibilă la lumină suportul etichetei; se utilizează

bicromat de potasiu pentru sensibilitate slabă, în special pentru etichete din sticlă și emulsii de argint pentru sensibilitate medie în realizarea etichetelor metalice. Se expune la lumină prin copiere de contact (placa cu negativul de copiat se introduce în rama de copiere prin contact). Se colorează cu cerneală litografică sau cu soluție de anilină. Se îndepărtează apoi emulsia neimpresionată de lumină cu apă caldă la 40 ... 60°C, prin frecarea cu un tampon cu vată a emulsiei exfoliate. Pentru inscripționări cu culori diferite se folosesc șabloane de protecție și pensulare cu diferite substanțe colorate.

Procedeul de realizare a inscripționărilor prin *placare* constă în presarea sau lipirea unui material pe un suport. Este un procedeu specific inscripționării suporturilor din materiale plastice (în special a rășinilor stratificate). Procedeul oferă o rezistență bună în exploatare. Materialul cu care se face acoperirea poate fi o folie metalică (aluminiu sau alamă) sau o pulbere metalică. Procesul de placare constă în presarea foliei metalice sau a pulberii metalice pe placa suport a etichetei cu un poanson încălzit, care are în proeminență semnele de inscripționat. Date fiind calitățile adezive ale materialelor termoreactive, folia sau suportul etichetei se acoperă cu un strat subțire de un material termoreactiv, astfel că la presare se obține atît îngroparea la nivel a foliei sau pulberei, cît și lipirea foliei de suport, dar și decuparea marginilor semnelor. Materialul de adaus care nu a fost imprimat este îndepărtat prin smulgere în cazul foliei sau prin frecare cu peria în cazul utilizării pentru placare a pulberilor metalice.

Serigrafia constă în presarea unor vopsele sau cerneluri păstoase prin ochiurile fine ale unei site șablon special realizate în acest scop cu inscripționările de etichetat. Șablonul are ochiurile cu densitate mare; sita este bine întinsă pe o ramă. Realizarea sitei cu semnele de imprimat se face fotografic, cînd ochiuri ale sitei sînt obturate de substanța fotosensibilă prin polimerizare la expunerea luminii. Se folosesc site din fibre textile (mătase), sintetice (nylon) sau metalice; ochiurile trebuie să fie de 2 ... 3 ori mai mari decît grosimea firului sitei. Procedeul serigrafic este procedeul cu cea mai mare rentabilitate, fiind utilizat pentru serii mari de produse.

Decalcomania sau *procedeul letraset* constă în transpunerea semnelor de pe o hîrtie specială ce se găsește în comerț pe suporturi din materiale diferite. Se incripționează astfel panouri de echipamente electronice, instrumente de măsură (cadrane), șasiuri sau piese. Hîrtia cu semnele conține un strat intermediar solubil în apă (clei) și un strat adeziv. În anumite cazuri, stratul adeziv își capătă proprietatea prin înmuiere în apă, în alte cazuri adeziunea se obține prin aplicarea unei forțe de frecare deasupra hîrtiei cu semne. Tehnologia de inscripționare prin acest procedeu este foarte simplă, costul este redus, dar semnele inscripționate sînt de finețe și precizie medie.

3.5.3. PROTEJAREA INSCRIPȚIONĂRILOR

Mărirea rezistenței mecanice și a stabilității în timp și la intemperii a etichetelor, cadranelor și scalelor inscripționate este recomandată atît pentru a mări rezistența în exploatare, cît și pentru a păstra lizibilitatea semnelor. Se folosesc în principal două metode de protecție a semnelor inscripționate:

— acoperirea cu lac de protecție incolor sau cu ușoare nuanțe coloristice ce are aderență mare la materialul suport al etichetei și care mărește con-

trastul dintre suprafața de fond a etichetei și semnele inscripționate; în cazul inscripționărilor colorate, după folosirea diverselor materiale de colorare a semnelor se acoperă întreaga suprafață a etichetei cu lac incolor de protecție prin pulverizare cu pistolul de vopsit;

— acoperirea cu material de placare transparent ce este asamblat la materialul suport al etichetei prin șuruburi sau nituri, sau chiar prin lipire la cald sau la rece. Materialul cu care se face placarea trebuie să fie fără defecte și rezistent la condițiile de exploatare; de asemenea, coeficienții de temperatură ai etichetei și ai plăcii de placare trebuie să fie pe cît posibil apropiate pentru a nu crea tensiuni interne și deci o degradare în timp. Se utilizează ca materiale de placare sticla organică pentru protejarea scalelor și etichetelor din materiale plastice.

3.6. TIPURI CONSTRUCTIVE DE APARATE ELECTRONICE

Realizarea echipamentelor electronice în ceea ce privește forma și dimensiunile este în funcție de componentele electronice și electromecanice de care dispune constructorul, tehnologiile de realizare a părților mecanice de aparat, destinația care trebuie dată produsului și în ultimă instanță tipo dimensiunea echipamentului depinde de imaginația și designul proiectantului. Cîteva aspecte referitoare la această ultimă dependență amintită se vor prezenta într-unul din capitolele ce vor urma al acestui manual.

Tipurile constructive mai vechi de echipamente electronice aveau colțurile rotunjite, cu butoane de acționare a elementelor de reglaj de diametre mari și cu afișaje analogice. Înălțimea aparatului era mai mare decît lățimea și uneori chiar decît adîncimea aparatului.

Tipurile constructive ceva mai noi de echipamente electronice au lățimea, dar mai ales adîncimea mari în comparație cu înălțimea aparatului. Diametrele butoanelor de reglaj și de comandă sînt reduse, dar de multe ori sînt proeminente și cu acționări multiple pe același ax. Pentru protecția panoului frontal contra prafului și a solicitărilor mecanice, caseta aparatului depășește limitele aparatului în partea superioară, acoperind panoul frontal și protejînd elementele de acționare și afișare.

Deoarece circuitele integrate și circuitele hibride înlocuiesc din ce în ce mai mult întregi subansambluri funcționale din aparat, și în ultimul timp chiar părți electromecanice prin realizarea electronică a funcțiilor mecanice, rămîn componente discrete foarte puține, aproape numai cele care sînt necesare pentru comandă și reglaj și care trebuie fixate pe panoul aparatului. De aici ideea de a extinde rolul funcțional al panoului frontal la panouri laterale ale aparatului.

Cele mai noi construcții de echipamente electronice au la bază construcția modulară cu sertare interșanjabile, care schimbă funcționalitatea aparatului. De exemplu, osciloscopul Tektronix cu două canale, devine caracterograf sau vobulator, prin schimbarea unui sertar.

Panoul noilor tipuri constructive de aparate electronice este vopsit în culori de nuanțe diferite pentru a marca elementele de comandă și reglaj corespunzătoare unei funcții ale aparatului, dată fiind complexa funcționalitate a unui aparat electronic construit în zilele noastre, bazat pe miniaturizare și microminiaturizare.

Linia sobră a echipamentelor electronice profesionale, este din ce în ce mai mult adoptată și de aparatura radioelectronică de larg consum.

Ca elemente de afișare grafică și scopică a mărimilor prelucrate de aparatura electronică s-au utilizat în decursul timpului și se utilizează încă, în ordinea apariției, afișajul analogic pe instrument și înregistrator de diverse variante, afișajul scopic pe tuburi cu raze catodice, afișajul numeric pe tuburi cu descărcare în gaz (decatroane, digitroane, tuburi Nixie), display-urile cu diode luminescente (light emitting diode = LED), cristale lichide și afișaje alfa numerice pe tuburi cu raze catodice.

Dispozitivele de afișare ce nu au făcut încă tranziția de la laborator la linia tehnologică de fabricare sînt becurile incandescente, panourile electroluminiscente, display-urile cu particule magnetice în suspensie.

Tubul cu raze catodice a fost sistemul de afișare standard din aplicațiile electronice timp de mai bine de 40 ani, fiind o interfață vizuală la preț de cost moderat, cu o tehnologie de fabricație bine pusă la punct, cu dezavantajele: dimensiuni, greutate, fragilitate și tensiuni mari.

În industria actuală a echipamentelor electronice este necesară înlocuirea tubului cu raze catodice cu sisteme de afișare plate. Înlocuirea tubului cu raze catodice TV nu este încă posibilă, dar dispozitivele grafice de calculator și din aparatura profesională încorporează din ce în ce mai rapid tehnologia panourilor de afișaj plate.

Tubul cu raze catodice este înlocuit în construcția modernă de echipamente electronice de display-urile matriciale cu cristale lichide (liquid crystal display = LCD), cu diode luminescente (LED) și cu plasmă (plasma matrix display) = PMD), [29].

Matricea cu LED-uri este realizată pe substrat din sticlă sau ceramică (alumină) (fig. 72), prin tehnologia straturilor groase. Adresarea pe șiruri și coloane oferă completă flexibilitate. Rezoluția display-ului plat este de 19 LED-uri/cm.

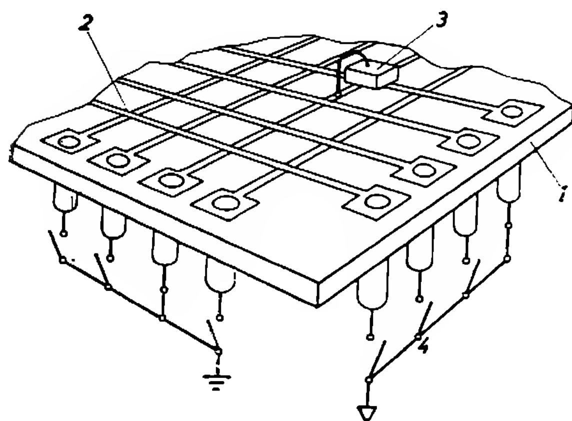
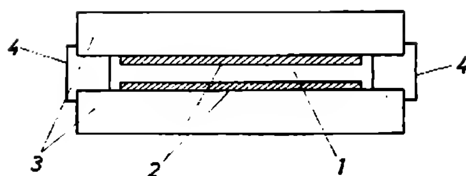


Fig. 72. Matrice cu LED-uri pentru afișare.
1 — substrat; 2 — depuneri conductoare; 3 — LED; 4 — circuit de comandă.

Display-ul cu cristale lichide este realizat sub formă de sandviș de cristal lichid între două plăci de sticlă, fiecare din ele avînd spre interior o acoperire de material conductiv (fig. 73), de forma simbolului grafic ce urmează să fie reprezentat.

Fig. 73. Afişaj cu cristale lichide:
1 — cristal lichid; *2* — strat conductiv; *3* — sticlă; *4* — închidere ermetică.



Afişajul matriceal cu plasmă este inclus între două substraturi de sticlă, fiecare din ele conţinînd depuneri conductoare paralele (fig. 74), ce formează o matrice $X - Y$. Peste traseele conductoare se depune un strat de material

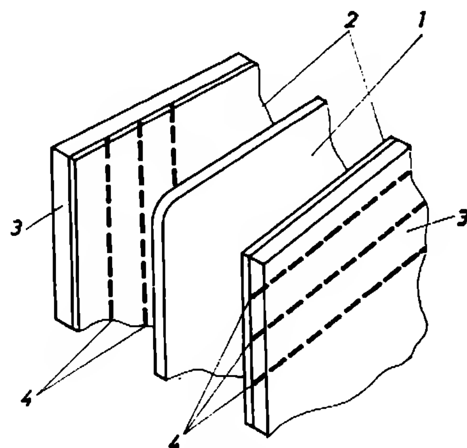


Fig. 74. Display matriceal cu plasmă:
1 — închidere ermetică; *2* — dielectric transparent; *3* — substrat de sticlă; *4* — electrozi.

dielectric transparent. Sandvişul conţine neon în interior şi sistemul este încapsulat ermetic. Descărcări în gaz au loc la intersecţia a două trasee conductoare încărcate electric.

Sistemele de afişaje plate au o grosime sub 1,27 cm, cele mai avantajoase ca dimensiuni şi greutate fiind display-urile cu LED (0,318 cm grosime şi 2,2 g/cm²). Rezoluţia este însă limitată faţă de cea a tuburilor cu raze catodice, deoarece sînt realizate din elemente discrete de afişare în toleranţe impuse de posibilităţile practice de fabricaţie (15 — 24 linii/cm, rezoluţie echivalentă cu cea a tubului cu raze catodice TV cu dimensiunea verticală de 25 cm şi rastru de 525 linii). Display-urile matriceale au marele avantaj că nu necesită ecranări şi nu ridică probleme legate de focalizare, intensitate, ca la tuburile cu raze catodice. Fiabilitatea este, de asemenea, mai mare decît cea a tuburilor cu raze catodice, şi anume, timpul de funcţionare este estimat pentru display-urile matriceale cu plasmă la 50 000 ore, cel mai scăzut, iar la cele cu LED-uri la 100 000 ore.

Capitolul 4

TEHNOLOGIA DE CONSTRUCȚIE ȘI FABRICAȚIE A SUBANSAMBLURILOR FUNCȚIONALE

Pentru ușurarea montajului, a reglajelor și a depanării, piesele mecanice, electromecanice și componentele electronice ale echipamentului electronic sînt asamblate în subansambluri constructiv funcționale.

Un subansamblu constructiv-funcțional reprezintă o unitate din punct de vedere funcțional alcătuită din componente ale schemei electronice, care realizează o anumită funcție (de exemplu, amplificare, memorie, sincronizare a unor semnale etc.) și care din punct de vedere constructiv este de-sine-stătătoare, montată, reglată și care poate fi înlocuită independent de altă unitate.

Exemple de subansambluri constructiv-funcționale sînt blocurile de alimentare ale aparatelor electronice, registrele de deplasare, blocul de radiofrecvență, blocul de ultrascurte din radioreceptoare, amplificatoarele de frecvență intermediară sunet și imagine din receptoarele de televiziune etc.

Blocurile funcționale electronice se pot realiza prin cablare spațială și cablare planară. Principalele procedee de realizare a circuitelor electronice prin interconexiuni sînt:

— cablarea planară cu componente montate paralel pe un suport izolant, între ele realizîndu-se legături electrice cu sîrmă convențională; procedeul este încă utilizat pentru asamblarea componentelor de putere și a componentelor care sînt frecvent înlocuite. De obicei, aceste unități sînt fixate pe șasiu;

— cablare imprimată (cu o densitate de aproximativ 1 componentă/cm^3) figura 75;

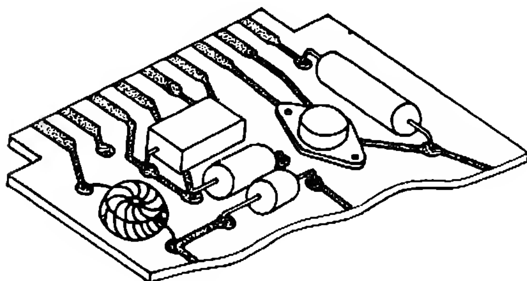


Fig. 75. Exemplu de circuit realizat prin cablare imprimată.

— cablare modulară (densitate 10 componente/cm^3), figura 76;

— cablare prin tehnologia straturilor groase sau a straturilor subțiri, cînd se pot realiza și componente de circuit, circuite hibride, figura 77 (densitate 100 componente/cm^3);

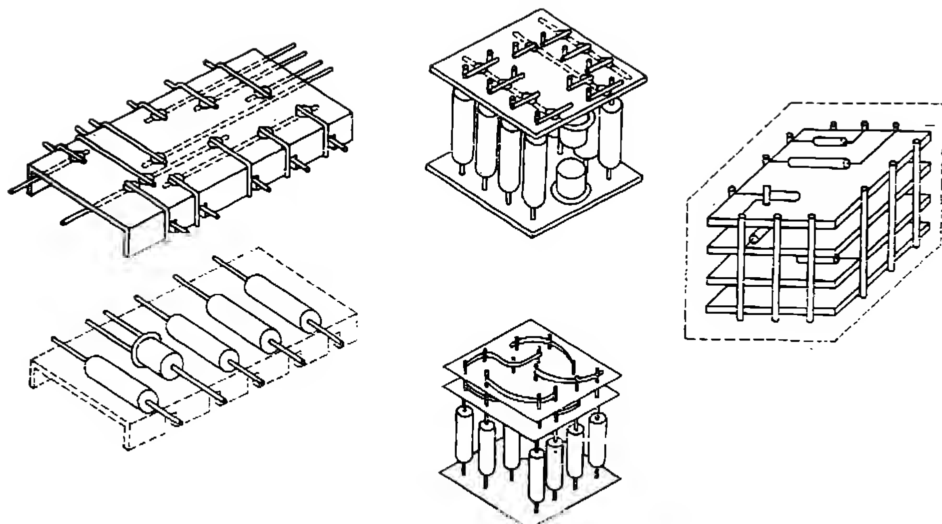


Fig. 76. Exemple de circuite modulare.

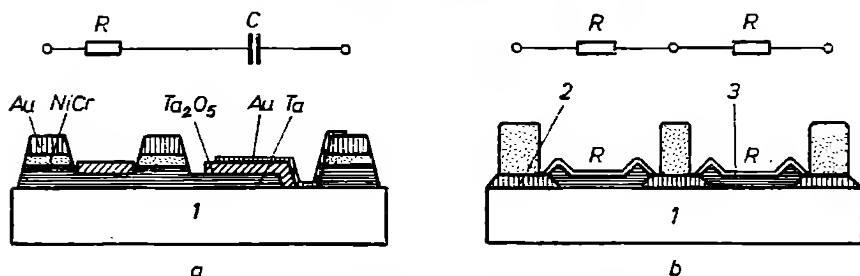


Fig. 77. Exemple de circuite hibride:

cu straturi subțiri (*a*), cu straturi groase (*b*): *1* — substrat(ceramică); *2* — traseu conductor; *3* — glazură de protecție.

— cablare în corp solid, cînd întregul circuit electronic poate fi realizat în corpul solid, circuite integrate, figura 78 (densitate de 10^4—10^5 componente/cm^3).

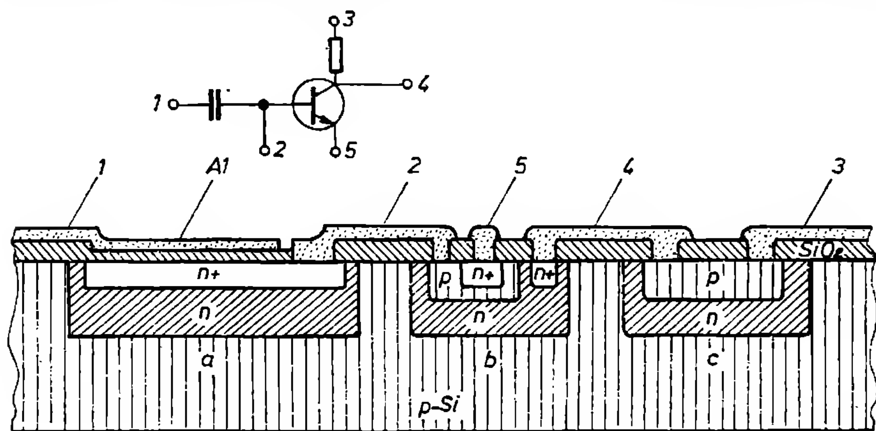


Fig. 78. Exemplu de circuit integrat:

a — condensator; *b* — tranzistor, *c* — rezistor.

Pentru realizarea unui aparat electronic nu este suficientă numai proiectarea electrică. O proiectare electrică corectă și completă este făcută simultan cu proiectarea constructivă. Nu se pot da rețete pentru proiectarea corectă și completă a unui aparat electronic, ci se pot da anumite idei care să ajute pentru a nu scăpa considerente esențiale în proiectare. Astfel de idei ajutătoare vor fi prezentate în capitolul 4.3 și vor ține seama de cunoștințele dobîndite la cursurile de specialitate.

4.1. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A CIRCUITELOR IMPRIMATE

4.1.1. NOȚIUNI GENERALE DESPRE CIRCUITELE IMPRIMATE

Conductor imprimat este o porțiune a acoperirii conductoare depusă pe un suport izolant.

Element sau componentă imprimată este un rezistor, condensator, bobină etc. realizată pe un suport izolant sub forma unor acoperiri metalice sau de alte materiale.

Cablaj imprimat este un cablaj prefabricat în care legăturile conductoare între componentele discrete sînt realizate sub formă de benzi sau suprafețe conductoare depuse pe un suport izolant.

Avantajele utilizării circuitelor imprimate sînt:

— micșorarea greutății și a volumului subansamblurilor funcționale față de circuitele cablate convențional cu sîrmă de conexiune. Specificul construcției aparaturii radioelectronice este legat de necesitatea trecerii de la dispunerea tridimensională a componentelor și a montajului la dispunerea și montarea bidimensională;

— stabilitatea și uniformitatea parametrilor electrici și mecanici ai subansamblurilor funcționale realizate prin cablare imprimată, deoarece dispersia factorilor electrici (cuplaje, linii de fugă, rezistențe de izolație etc.) este de cel mult 1% prin această tehnologie. Variațiile caracteristicilor electrice depinzînd de procedeul tehnologic adoptat în fabricația circuitelor imprimate, natura suportului izolant, metoda de protecție la factori climatici și agenți chimici, toleranțe în grosime ale suportului izolant și ale traseelor conductoare, fac să fie mărită reproductibilitatea aparatelor electronice;

— disiparea căldurii în atmosferă este mai bună decît în cazul cablării convenționale cu conductor circular;

— productivitatea mare, deoarece se reduce simțitor cantitatea de lucru pentru asamblare, creînd condiții pentru mecanizare și automatizare;

— reducerea numărului de puncte de control, deci, în afară de execuție și verificarea este mai rapidă, erorile de cablare fiind eliminate odată ce cablajul prototip a fost verificat;

— fiabilitatea ridicată, deoarece posibilitățile de execuție și montare incorectă sînt reduse.

Dintre *dezavantajele utilizării cablajelor imprimate* se pot da următoarele: cablajul imprimat trebuie protejat la acțiunea umidității; suportul fiind relativ flexibil, efectele vibrațiilor centrului plăcii de cablaj imprimat trebuie

micşorate prin montarea adecvată pe şasiu; legăturile de înaltă frecvenţă sînt greu de ecranat, iar circuitele care prelucrează semnale de radio frecvenţă de putere cer consideraţii speciale în proiectare; cablarea imprimată nu este adaptabilă la modificări ulterioare; dispunerea bidimensională a cablajelor imprimate limitează folosirea eficientă a conectoarelor multipin.

4.1.2. STRUCTURA CABLAJULUI IMPRIMAT

Cablajul imprimat se compune din suport izolant electric, material de acoperire (conductor) şi adeziv. Suportul placat fabricat este stratificatul placat cu cupru, care se realizează prin lipirea foliei de cupru pe un suport izolant cu ajutorul unui adeziv. Plecarea se poate face pe o faţă sau pe ambele feţe ale suportului izolant.

a. **Suportul izolant** trebuie să îndeplinească anumite condiţii pentru a-l face apt scopului pentru care este folosit, şi anume:

— condiţii geometrice: planeitate, dimensiuni prescrise în toleranţe date;

— condiţii fizico-chimice: omogenitate, densitate, aspect, capacitate de anabsorbţie a apei, rezistenţă mecanică şi la şocuri;

— condiţii electrice: rigiditate dielectrică îi permitivitate corespunzătoare condiţiilor climatice de utilizare (rezistivitate de suprafaţă şi de volum ridicate), rezistenţă de izolaţie;

— termice: coeficient de dilatare mic, conductibilitate termică mare, rezistenţă termică ridicată.

Ca materiale suport pentru cablaje şi circuite imprimate se folosesc stratificate organice şi suporturi anorganice.

1. *Stratificate fenolice:*

— material de impregnare: răşină sintetică fenol sau crezolformaldehidă;

— material de umplutură: hîrtie, azbest, sticlă, nylon, ţesături de bumbac;

— caracteristici: stratificatele cu material de umplutură hîrtie sînt ieftine; cele cu material de umplutură nylon sînt rezistente la umezeală şi mucegai; stratificatele pe bază de azbest şi sticlă au bună rezistenţă mecanică şi chimică şi pot fi folosite şi la temperaturi mai mari; stratificatele cu material de umplutură ţesături de bumbac au o mare rigiditate mecanică, deoarece au o bună coeziune interlaminară.

2. *Stratificate epoxidice:*

— material de impregnare: răşini epoxidice;

— material de umplutură: hîrtie, azbest, sticlă, nylon, ţesături de bumbac;

— caracteristici: bună planeitate, rezistenţă bună la căldură şi umiditate (coeficient de dilatare mic), rezistenţă de izolaţie bună (pierderi mici cu frecvenţa), prezintă o bună adeziune la metal şi nu are nevoie de adeziv. Cablajele imprimate cu suport stratificat epoxidic se utilizează în aparatura electronică din mediul marin şi scopuri militare datorită proprietăţilor deosebite.

3. *Stratificate melaminice:*

— material de impregnare: răşini melamino-gliptalice;

— material de umplutură: hîrtie, azbest, sticlă, nylon, ţesături de bumbac;

— caracteristici: foarte bună rezistenţă mecanică (rezistenţă la şoc, tracţiune, compresie, flexiune). Se folosesc în deosebi în aparatura electronică de măsurare şi control şi la construirea comutatoarelor.

4. *Stratificate siliconice:*

— material de impregnare: rășini siliconice;

— material de umplutură: azbest, sticlă.

Polimerizarea rășinilor siliconice se face în funcție de materialul de umplutură între 150 — 250°C.

— caracteristici: absorbție mică a apei, rezistivitate ridicată, pierderi mici, coeficient de dilatare foarte mic.

5. *Stratificate cu teflon:*

— material de impregnare: rășini fluorocarbonice;

— material de umplutură: hîrtie, azbest, sticlă, nylon, țesături de bumbac;

— caracteristici: absorbție de apă nulă, pierderi mici, rezistivitate mare; lipirea foliei de cupru se face fără adeziv.

Suportul pe bază de teflon are aplicații limitate deoarece este scump. Se utilizează numai la frecvențe înalte și în circuite cu densitate mare de componente, din cauza constantei dielectrice mici. Materialul de bază în MSI (medium scale integration) este ceramica. Circuitele imprimate multistrat pe bază de ceramică permit în prezent obținerea celor mai mari densități de circuite cu componente și circuite integrate discrete.

Dintre suporturile anorganice, cele mai importante utilizate ca suport de cablaje îi circuite imprimate sînt:

— materialele ceramice, pe care se fac depuneri de argint plecînd fie de la soluții coloidale, fie de la pulbere de argint. Suporturile ceramice sînt pe bază de alumină sau berilie și au caracteristici electrice foarte bune, dar rezistență mecanică la șocuri scăzută. Se folosesc pentru condiții de temperatură ridicată (peste 250°C);

— sticla;

— metalele, în deosebi aluminiul, la care izolația electrică se obține prin formarea unui strat de oxid la suprafață.

Suporturile anorganice se utilizează în construcția cablajelor imprimate care funcționează la temperaturi ridicate pînă la aproximativ 200°C sau la frecvențe înalte.

În tabelul 12 se dau principalele materiale dielectrice folosite ca substrat pentru cablaje și circuite imprimate rigide.

Tabelul 12

Materiale dielectrice pentru circuite imprimate

Materialul de bază	Materialul de impregnare (rășina)	Aplicații	Temperatura maximă °C
Hîrtie	Fenolică XXXP	Scopuri generale	120
Sticlă	Epoxidică G-10	Scopuri generale	130
Sticlă	Epoxidică G-11	Temperaturi înalte	150
Hîrtie	Epoxidică FR-3	Scopuri generale	120
Sticlă	Epoxidică FR-4	Scopuri generale	130
Sticlă	Epoxidică FR-5	Temperaturi înalte	150
Sticlă	Politetrafluoretilenă	Temperaturi înalte	200
Kapton (Du Pont)		Temperaturi înalte	200
Alumină	—	Densitate mare și	1600
Berilie	—	temperaturi înalte	1500

Grosimile normale recomandate pentru plăcile de suport izolant și toleranțele corespunzătoare, conform STAS 7155/1974 sînt date în tabelul 13.

Tabelul 13

Grosimi și toleranțe STAS 7155-1974 pentru plăci

Grosimea maximă [mm]	0,2	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	6,4
Toleranța	—	±0,07	±0,09	±0,11	±0,12	±0,14	±0,15	±0,18	±0,20	±0,30

b. **Metalul de placare** în cele mai multe cazuri este cuprul electrolitic (puritate 99,5%). Folia de cupru se obține prin depunerea cuprului pe un tambur din plumb care se rotește cu o viteză constantă și mică în baia electrolitică (fig. 79).

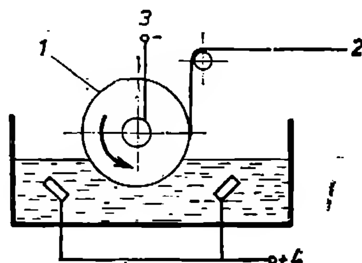


Fig. 79. Procedeul de obținere a foliei de cupru prin depunere electrolitică:
1 — tambur; *2* — folie de cupru; *3* — catod; *4* — anod.

Folia de cupru se obține și prin laminare, după care i se asperizează suprafața pentru aderarea adezivului.

Dimensiunile foliei de cupru sînt de 35 μm sau multiplii de 35 μm. Pînă la 70 μm, cuprul se obține numai pe cale electrolitică.

În aplicații speciale se folosesc și alte metale pentru placare. De exemplu, se utilizează nichelul pentru cazurile în care asamblarea pieselor și componentelor se face prin sudură, sau platina pentru substraturile ceramice.

De asemenea, o varietate de alte metale sînt utilizate pentru depunere peste folia de cupru cu scopul îmbunătățirii unor proprietăți, de exemplu, lipire mai bună, rezistență electrică mai mică, rezistență la coroziune. Argintul micșorează, de exemplu, rezistența ohmică, dar are o tendință de migrare în materialul dielectric în funcție de temperatură, umiditate și tensiune. De aceea este utilizat aurul care protejează la coroziune în timpul lipirii cablajul imprimat și oferă un bun contact electric.

Proprietățile materialelor conductoare sînt date în tabelul 14.

Proprietăți foarte bune de umectare în procesul de lipire se obțin cînd metalul de placare al cablajului imprimat este acoperit cu un strat de cositor (aliaj de lipire cu staniu între 55 și 70%), chiar obținut prin imersie în baia de cositor topit (aproximativ 0,25 mm grosime).

c. **Adezivii** folosiți la placarea stratificatelor cu cupru sînt rășini epoxidice plastifiante, cauciuc nitrilic, polivinil, butirol, izocianați, policloropren modi-

Proprietățile metalelor de circuite imprimate

Metalul	Rezistivitatea [μΩ/cm²]		Conductivitate relativă (Cu = 100)	Coeficient termic al conductivității [10³ · cal/oră · cm · °C]
Aluminiu	2,665	la 20°C	65	2,03
Nichel	6,84	la 20°C	25	0,6
Staniu	11,50	la 20°C	15	0,64
Plumb	20,65	la 20°C	7,7	
Cupru	1,726	la 23°C	100	3,88
Argint	1,59	la 20°C	104	4,19
Rodiu	9,83	la 0°C	33	
Aur	2,19	la 0°C	70	2,73
Platină			18	0,69

ficat cu rășini fenol furfurolice etc. Nu se folosesc adezivi pe bază de rășini termoplastice, deoarece acestea au o rezistență termică redusă, iar la temperatura de lipire a aliajului de lipit a componentelor, se exfoliază metalul de pe cablaj.

Cel mai important factor care intervine la alegerea adezivului între suportul izolant și folia metalică este coeficientul de dilatare termică. Adezivul trebuie să fie elastic pentru a prelua diferența dintre coeficientul de dilatare al materialului suport și al foliei metalice.

Stratificatele epoxidice și stratificatele teflonice nu au nevoie de adezivi pentru lipirea foliei metalice.

4.1.3. METODE DE REALIZARE A CABLAJELOR IMPRIMATE

Din metodele posibile de realizarea cablajelor imprimate se va alege metoda care corespunde scopului principal urmărit: aderență bună a foliei metalice la suportul izolant, precizie a reproducerii desenului de cablaj (finețe sau rezoluție), productivitatea fabricației.

4.1.3.1. Metode aditive de realizare a cablajelor imprimate

Se pleacă de la suportul izolant neacoperit cu metal și se urmărește realizarea cablajului imprimat prin depunerea metalizărilor corespunzătoare desenului de cablaj.

a. **Depunerea galvanică.** Cablajele imprimate se realizează prin depunerea electrolitică a cuprului pe suport izolant urmărind desenul de cablaj (fig. 80).

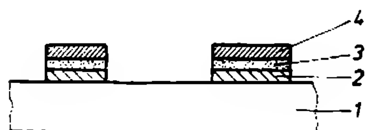


Fig. 80. Depunerea electrolitică a cuprului pe substratul izolant:
1 — substrat; *2* — adeziv; *3* — pulbere de argint; *4* — cupru.

Procesul tehnologic de obținere a cablajelor prin galvanotehnică este următorul:

— tăierea la dimensiuni și găurirea suportului;

— acoperirea cu adeziv a suportului ce urmează a fi placat;

— pulverizarea fină cu praf de argint;

— acoperirea cu cerneală neconductoare electric a porțiunilor care urmează să rămînă neacoperite cu metal (imaginea negativă a desenului de cablaj) folosind șabloane;

— introducerea în baia de galvanizare: se depune cupru de grosimea dorită, electrodul de depunere fiind constituit de pulberea de argint neacoperită cu cerneală;

— spălarea cu solvent a pulberii de argint, a adezivului și a cernelei de pe porțiunile necuprate;

— polimerizarea adezivului dintre suportul izolant și stratul de cupru depus (lipirea foliei metalice de suport).

b. **Cablaje imprimate realizate prin transfer** (fig. 81). Procesul tehnologic constă în:

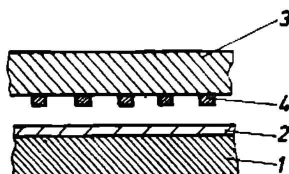


Fig. 81. Procedeul de realizare prin transfer a cablajelor imprimate:
1 — substrat; *2* — adeziv; *3* — placă din oțel; *4* — cupru.

— pe o placă de oțel se realizează desenul negativ de cablaj (se acoperă cu cerneală neconductivă porțiunile care în circuitul final de cablaj trebuie să rămînă izolant);

— se depune electrolitic cupru pe placa de oțel (în porțiunile neacoperite cu cerneală);

— se transferă cuprul cu configurația obținută de pe placa de oțel pe suportul izolant acoperit cu adeziv;

— se polimerizează adezivul.

Pentru fabricația în producție de serie mare, pe placa de oțel se realizează desenul în relief, cerneala neconductoare acoperă adînciturile, iar cuprul se depune galvanic pe proeminențe; prin aceasta se asigură un transfer mai bun al acoperirilor de cupru pe suportul izolant acoperit cu adeziv.

c. **Cablaje imprimate realizate prin pulverizare metalică.** Procesul tehnologic constă în:

— se sablează suportul izolant ce urmează a fi acoperit pentru a obține o aderență bună a metalului;

— se acoperă părțile ce urmează a rămîne izolant neacoperit cu metal (desen negativ) folosind un șablon;

— se pulverizează cu pistolul (șprițuire) metalul de acoperit.

d. **Cablaje imprimate realizate cu pulberi presate** (fig. 82). Procesul tehnologic constă în:

— suportul izolant este acoperit prin pulverizare cu pulbere metalică (suspensie în apă); se usucă;

— se realizează o matriță cu desenul de cablaj în relief (imaginea pozitivă — proeminențele corespund traseelor ce urmează a fi constituite de metal);

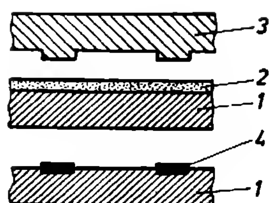


Fig. 82. Tehnologia de fabricație a cablajelor imprimate prin presare de pulbere metalică:
1 — substrat; 2 — pulbere argint cu apă; 3 — matriță încălzită; 4 — argint.

— se presează matrița încălzită pe suportul izolant acoperit cu pulbere metalică; prin presare, pulberea metalică se aglomerează și intră parțial în suportul izolant;

— se spală pentru îndepărtarea pulberii metalice de pe porțiunile nepresate; metalul rezultat de la spălare este recuperat.

Procedeul este întrebuințat îndeosebi la acoperirea cu argint.

4.1.3.2. Metode substractive de realizare a cablajelor imprimate

Se pleacă de la suportul izolant acoperit cu adeziv și folia metalică a cărei grosime depinde de scopul urmărit la proiectarea electroconstructivă.

a. **Procedeul mecanic de realizare a cablajelor imprimate** constă în:

— se realizează matrița cu relieful corespunzător desenului de cablaj (imagine pozitivă);

— se presează la cald suportul izolant termorigid nepolimerizat acoperit cu adeziv și folie metalică. Presarea uniformă pe toată suprafața face ca folia de cupru să se lipească de izolant, conexiunile avînd o grosime uniformă înfundată în stratificat;

— se curăță metalul nelipit cu piatră de polizor sau cu benzi abrazive cu mers continuu.

Pentru realizarea de cablaje nivelate, necesare la secțiuni de comutatoare în special, se folosește suport izolant cu procent mare de rășină (stratificatul e sărac în material de umplutură), care după realizarea cablajului imprimat este supus unei încălziri și presări între două plăci; suportul se înmoaie, iar metalul se imprimă în suport, obținîndu-se nivelarea cablajului.

b. **Procedeele chimice (gravare) de realizare a cablajelor imprimate** constau în:

— se realizează desenul de cablaj la o scară mărită (×10 pentru cablaje de finețe, × 2 pentru cablaje normale) cu cerneală neagră și mată (cerneală de China), la care găurile sînt reprezentate prin cercuri albe în interior ⌀ 0,5 mm și diametrul exterior de cel puțin ⌀ 1 mm sau folosind benzi negre adezive (scoch);

— se fotografiază desenul (micșorînd de 10 ori, respectiv de 2 ori; prin aceasta, imperfecțiunile de execuție ale desenului sînt reduse corespunzător); negativul desenului de cablaj se execută fie pe film din celuloid (variațiile în timpul procesului de developare, fixare, uscare sînt de 0,5%), polistiren (0,1%) sau plăci de sticlă (cele mai stabile, dar sînt incomode de folosit). Retușarea clișeului;

— se realizează cablajele prin gravare; transpunerea imaginii de pe film pe stratificatul placat cu cupru se poate face prin mai multe metode: fotografic, serigrafic și prin transport (offset).

1. *Procedeul fotografic* constă în:

— acoperirea (prin pulverizare, scufundare sau cu valțuri) a întregii suprafețe de cupru a stratificatului placat cu cupru cu o substanță fotosensibilă (alcool polivinilic sensibilizat cu bicromat de amoniu — fotorezist lichid) de grosime între 4—12 μm;

— expunerea la lumină a plăcii sensibilizate prin clișeul fotografic; imaginea nu poate fi mai bună decît clișeul;

— developarea, fixarea, îndepărtarea substanței fotosensibile nepolimerizate de pe placă;

— spălarea;

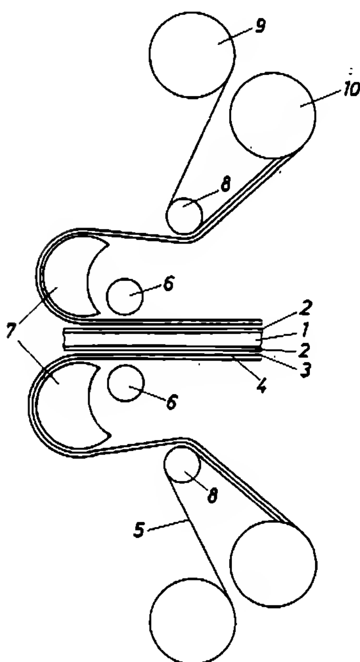
— corodarea.

Avantaje: trasee fine (rezoluție bună definită prin grosimea celei mai fine linii conductoare sau ca numărul de linii rezolvate pe milimetru), utilaj redus.

Dezavantajele procedeului fotografic sînt: costuri ridicate (acoperirea întregii plăci cu material fotosensibil), productivitate scăzută, cere calificare în execuție. Procedeul este convenabil pentru fabricație de serie mică, de precizie.

O tehnică mai recentă fotografică pentru obținerea cablajelor imprimate folosește *fotorezist solid* (fabricat de firmele Du Pont, Dynachem) [34]. Rezistul solid (riston) este o folie uscată (livrată în diferite grosimi 18—60 μm și lățimi 100—610 mm), protejată de o folie poliester Mylar (grosime 25 μm) pe o față și o folie de polietilenă (grosime 25 μm) pe cealaltă față. Procesul tehnologic constă în:

— laminarea într-un laminor special (fig. 83), îndepărtînd folia de polietilenă, laminare care se poate face pe o față sau pe ambele fețe ale suportului fenolic placat; viteza de laminare este reglabilă în trepte de la 1 la 1,8 m/min.



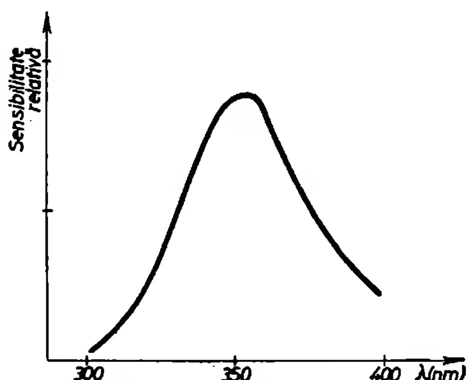


Fig. 84. Sensibilitatea spectrală a fotopolimerului utilizat în fabricarea rezistului solid Du Pont.

Fig. 83. Laminarea rezistului solid pe un suport dublu placat:

1 — suport; *2* — folie de cupru; *3* — rezist fotosensibil; *4* — folie de protecție Mylar; *5* — folie de protecție din polietilenă; *6* — valț de antrenare; *7* — calandru încălzit; *8* — rolă de antrenare; *9* — rolă de înfășurarea foliei din polietilenă; *10* — rola cu rezist solid.

Pentru a evita contaminarea prin oxidare și praf a suprafețelor curate, laminarea se face imediat după curățarea și pregătirea suprafețelor plăcilor, într-o atmosferă fără praf și vapori chimici (praful așezat pe placă conduce la formarea de găuri în fotorezist, iar vaporii chimici pot duce la polimerizarea rezistului și în porțiuni unde nu trebuie să aibă loc). Se lucrează cu mănuși din bumbac la lumină de tuburi fluorescente galbene;

— iluminarea la lămpi cu vapori cu mercur (ultraviolete), folosind clișee de sticlă. Rama de expunere se videază. Lămpile cu mercur sînt răcite sau se folosesc filtre de căldură (se lucrează la 25°C) pentru a nu se influența viteza reacțiilor de polimerizare a rezistului. Prin expunere se obține imaginea cablajului imprimat pe suportul placat, dar se întărește și legătura adezivă între imagine și suport;

— îndepărtarea foliei de poliester;

— developarea prin acțiunea mecanică și chimică a tricloretanului sub jet; spălarea în jet de apă;

— corodarea.

Fotorezistul solid poate fi utilizat și la obținerea cablajelor imprimate prin metoda aditivă de acoperire galvanică, cînd se aplică pe stratificatul izolant neplacat.

2. *Procedeul serigrafic* constă în:

— se realizează pe o sită (de mătase, poliester sau oțel inoxidabil) acoperită cu alcool polivinilic concentrat, prin impresionare fotografică folosind clișeu, imaginea ce reprezintă desenul negativ al cablajului imprimat. Ochiurile sitei rămîn obturate în porțiunile expuse la lumină de către materialul fotosensibil polimerizat prin expunere. Se îndepărtează substanța fotosensibilă neimpresionată și se usucă sita. Sita trebuie să fie bine întinsă, firele perpendiculare între ele;

— se serigrafiază placa (fig. 85): ecranul (sita) este menținută la o anumită distanță (3—4 mm, depinzînd de puterea de pătrundere a lacului sau cernelei

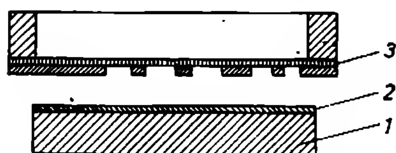


Fig. 85. Procedeul serigrafic de realizare a cablajelor imprimate:
1 — suport; *2* — folie de cupru; *3* — sită.

utilizate; o distanță prea mare duce la dublarea, umbrirea imaginii serigrafiate) de placa ce urmează a fi serigrafiată, iar pe ecran se toarnă cerneală sau lac. Printr-o mișcare de translație, însoțită de o anumită presare, executate cu un șpaclu de cauciuc, cerneala este obligată să treacă prin ochiurile sitei imprimînd placa.

Există tipuri diferite de cerneluri și lacuri, în funcție de scopul urmărit. Pentru circuite simplu sau dublu placate, la care operația următoare serigrafiei este corodarea, se pot utiliza: cerneală neagră tip Wornow 145-14-D, Dynachem 2001, Argon 19400. Pentru circuitele dublu placate sau multistrat, care după serigrafie sînt acoperite electrochimic se folosește cerneală albastră tip Wornow 145-13-M, Argon 19490, Argon 19700. Pentru cositorirea selectivă a circuitelor imprimate se utilizează lac sicativ tip Solder Mask 727. Cerneala serigrafică este de natură oleogliceroftalică, greu sicativă ce se diluează cu terebentină. Grosimea stratului depus pe placat este 8—12 μm.

— Retușul serigrafic constă în retuș pozitiv, prin adăugarea cu pensula a cernelei pe porțiunile unde aceasta lipsește, și retuș negativ prin îndepărtarea porțiunilor serigrafiate care au un plus de cerneală serigrafică.

Avantajele procedeului serigrafic sînt: finețe medie a traseelor conductoare, utilaj redus, consum redus de cerneală serigrafică.

Dezavantajele constau în aceea că procedeul cere calificare și experiență în procesul de fabricație. Procedeul este convenabil pentru serii medii și mari.

3. *Procedeul imprimării offset* constă în:

— se realizează o placă de metal (oțel, cupru, zinc, aluminiu) gravată în relief după desenul de cablaj scară 1:1;

— se depune prin transport cerneala de pe placă pe stratificatul placat; cu o rolă de cauciuc care se înmoaie înaintea fiecărei operații în cerneală, se depune cerneală pe proeminențele plăcii metalice; o a doua rolă de transport preia cerneala de pe placa de metal și o depune pe suportul placat (fig. 86);

— corodarea.

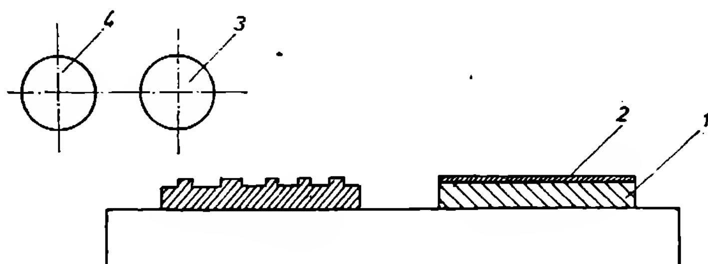


Fig. 86. Procedeul imprimării prin transfer pentru realizarea cablajelor imprimate:

1 — suport placat; *2* — cupru; *3* — rola de acoperire; *4* — rola de transport.

Avantajele procedeului constau în productivitate foarte mare, consum redus de cerneală.

Dezavantajele sînt: necesită utilaje scumpe, dau o precizie și finețe a traseelor mai mică. Procedeul este convenabil pentru serii mari și foarte mari.

După realizarea acoperirilor de protecție a cuprului se placheazăstratificatul izolant în porțiunile care trebuie să rămînă conductoare; urmează corodarea cuprului de pe porțiunile neacoperite.

Corodarea metalizărilor neprotejate se face în:

— clorură ferică slab acidă (concentrație 30—40° Baumé) cu agitarea acidului la o temperatură de 30—35°C. Corodarea se face cu o viteză de 50 μm/5 minute.

— persulfat de amoniu $(NH_4)_2S_2O_8$. Avantajul este că corodarea este curată și nu produce reziduuri insolubile (deci problema îndepărtării acestora este eliminată); persulfatul de amoniu corodează orice fel de circuite imprimate, inclusiv circuitele imprimate cositorite.

— clorură cuprică, acid clorhidric, apă oxigenată, saramură (cablaje imprimate realizate în I.P.R.S.). Are avantajul că se recuperează cuprul dizolvat în soluție.

Compoziția de corodare este injectată prin duze. Se poate face o corodare pe ambele fețe în cazul cablajului dublu placat. Se face apoi spălarea prin injectare. Curățirea cernelei de protecție a acoperirilor conductoare de cupru cu ajutorul unui diluant (tiner) prin ștergere cu cîrpă înmuiată în diluant.

După corodarea chimică pot apărea reacții secundare care duc la formarea oxizilor de cupru și de fier ce rămîn sub forma unor pelicule foarte rezistente pe cuprul cablajului. Din cauza ciclurilor de temperatură și umiditate, rezistența mecanică la suprafață a cablajului imprimat scade, iar rezistența electrică de contact crește considerabil, apărînd aproape imposibilă lipirea componentelor.

De aceea, după curățirea mecanică (cu abrazivi) și chimică pentru îndepărtarea oxizilor, se acoperă cablajele imprimate cu straturi de protecție. Se pot folosi în acest scop mai multe posibilități:

— protecția plastică cu rășini sau lacuri; prin aceasta se protejează cuprul de la oxidare și, în același timp, se ușurează lipirea în baia de cositor. Se folosește petru acoperire în mod deosebit colofoniul activat dizolvat în alcool (fig. 87). Acoperirea se realizează prin stropire (pulverizare), scufundare sau prin întinderea uniformă de către un tambur;

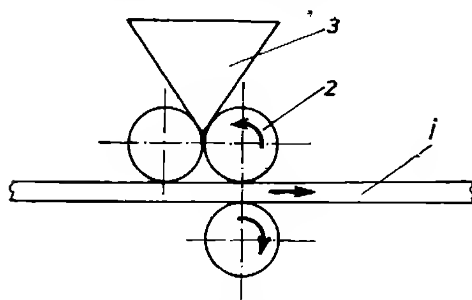


Fig. 87. Acoperirea de protecție a cablajelor imprimate cu soluție de colofoniu în alcool:
1 — cablaj imprimat; *2* — tambur; *3* — soluție de colofouiu.

— protecția metalică: constă în depunerea electrochimică în baia de galvanizare a unui metal rezistent la coroziune. Acoperirile metalice înainte de gravare constau în depuneri de cositor sau de argint; catodul de depunere fiind constituit de cuprul imagine pozitivă neacoperit cu cerneală neconductivă (fig. 88). După spălarea cernelei, rămîn acoperite traseele conduc-

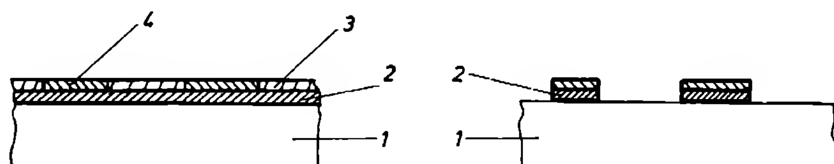


Fig. 88. Acoperirea metalică de protecție inainte de gravarea cablajului imprimat:
1 — suport; *2* — folie de cupru; *3* — cerneală neconductivă electric; *4* — metal de protecție.

toare de cupru cu metalul de protecție. Corodarea cuprului de pe porțiunile neprotejate se face în soluție acidă care nu atacă metalul de protecție depus galvanic, ci numai cuprul neprotejat.

Acoperirea metalică după gravare constă în depunerea electrochimică cu metal de protecție peste cuprul ce reprezintă traseele conductoare (catodul băii de galvanizare). Se fac depuneri de protecție de crom (baie cu acid cromic), nichel (anodul este nichel pur, iar electrolitul este soluție de sulfat dublu de nichel și amoniu), argint (anodul este argint, iar electrolit soluție de cianură dublă de argint și potasiu).

Pentru mărirea rezistenței mecanice la șocuri, peste stratul de protecție de nichel, argint sau aur, la secțiunile de comutatoare, se face o depunere de rodiu.

Rezistența la acțiunea mecanică și chimică a cablajelor imprimate este rezolvată prin îmbrăcarea plachetelor cu poliuretan cu o grosime de aproximativ 0,2 mm.

4.1.3.3. Realizarea cablajelor imprimate dublu față cu găurile metalizate

Complexitatea circuitelor electronice care trebuie transpuse practic pentru realizarea legăturilor electrice între componente pe cablaje imprimate, impune folosirea de cablaje dublu față la care metalizarea găurilor de trecere de pe o față pe cealaltă are drept scop asigurarea unei perfecte conductibilități electrice între traseele ambelor fețe ale circuitului dublu placat, aderență îmbunătățită a terminalelor componentelor la sudura în undă staționară, multitudine de contacte prin lipirea componentelor și legarea la ambele fețe ale cablajului imprimat.

Obținerea de găuri metalizate se face prin metode mecanice și metode de depunere chimică și electrochimică de metal.

Cea mai răspîndită metodă mecanică de „metalizare" a găurilor este introducerea unor capse metalice în găurile cablajului finit și răsfrîngerea marginilor capsei (fig. 89). Dezavantajele metodei constau în lipsa posibilității

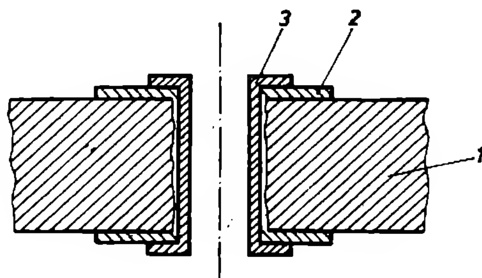


Fig. 89. Metalizarea prin capsare a găurilor cablajului dublu placat:
1 — suport izolant; 2 — cupru; 3 — capsă.

de a metaliza un număr mare de găuri, cerînd chiar la un număr redus de găuri o muncă deosebită, fiabilitate redusă (probabilitatea unui contact perfect între cele două fețe fiind mică), toleranțe ce se cer foarte strînse între gurăi și capse, consum mare de materiale.

Metalizarea chimică și electrochimică (fig. 90) constă în:

— debitarea plăcilor prin tăierea la dimensiuni cu o ghilotină ce are un cuțit bine ascuțit pentru a înlătura posibilitatea îndoirii suportului izolant;

— executarea găurilor tehnologice, găuri ce au drept scop realizarea unor ghidaje în vederea poziționării corecte în toleranțe foarte strînse a găurilor funcționale;

— executarea găurilor funcționale, găuri ce urmează a fi metalizate. Se execută pe mașină de găurit cu comandă program în coordonate numerice (de exemplu, Mcc 200). Curățirea uscată a suprafeței, care are drept scop îndepărtarea bavurilor rezultate în urma găuririi (ce ar aduce în timpul depunerii electrochimice la densități ridicate de curent, deci o depunere neu-

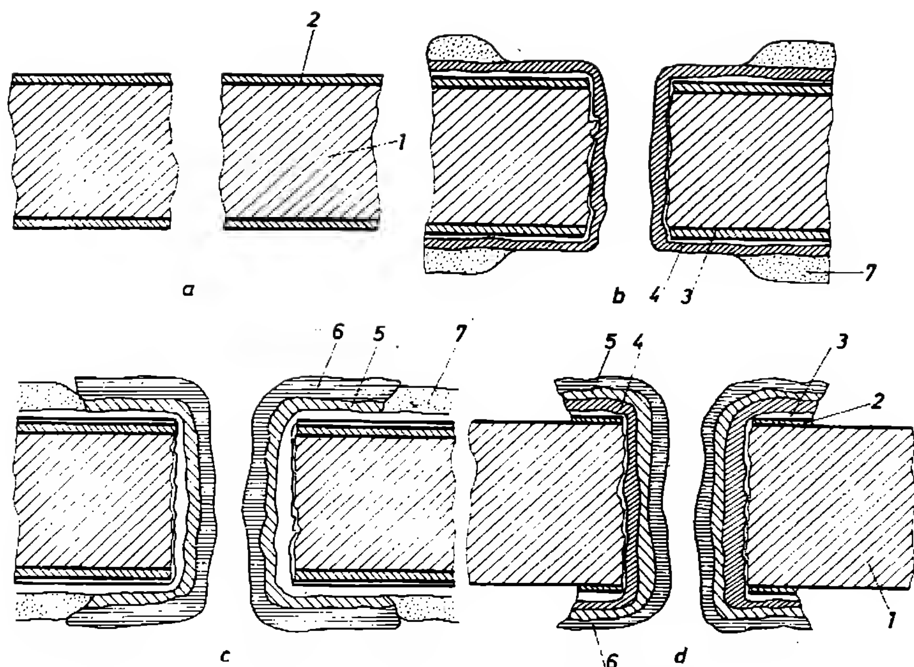


Fig. 90. Metalizarea chimică și electrochimică a găurilor cablajelor dublu placate:
a — secțiune printr-o gaură funcțională; *b* — secțiune prin gaura funcțională cuprată chimic și electrochimic; *c* — îngroșarea stratului electrochimic de Cu și depunerea de Sn-Pb; *d* — secțiunea prin gaura metalizată a cablajului imprimat; *1* — suport izolant; *2* — folie de cupru; *3* — cupru depus chimic; *4* — cupru depus electrochimic; *5* — cupru depus electrochimic îngroșat; *6* — Sn-Pb depus electrochimic; *7* — rezist negativ.

niformă, rugoasă, periclitînd diametrul găurii și desprinderea ulterioară a metalizării găurii), este urmată de o curățire umedă cu perii de nylon cu păr dur în jeturi de apă;

— cuprarea chimică constă în acoperirea întregii suprafețe a pertinaxului dublu placat găurit (deci și a suprafeței găurilor) cu cupru de grosime cel mult 0,5 μm, care să reprezinte sîmburele de pornire al depunerii electrochimice de cupru;

— cuprarea electrochimică în băi puternic sau slab acide sau alcaline; cel mai adesea se folosește pirofosfat de cupru, avînd o putere de pătrundere mare (65% față de baia de sulfat care are o putere de pătrundere de 8% sau baia de fluoroborat de 5%);

— depunerea de fotorezist, solid sau cerneală serigrafică (serie mică — fotorezist, serie mare — se confecționează sită serigrafică). În urma developării fotorezistului sau în urma serigrafiei negative, se face o depunere electrochimică de cupru în vederea îngroșării numai în porțiunile active ale cablajului imprimat și în găurile metalizate. Se face apoi o depunere electrochimică de aliaj rezistent la corodare, depunere ce se face cu scopul protecției porțiunilor active ale cablajului imprimat contra agentului de gravură. Se poate depune Sn (greutăți la lipire) sau aliaje Sn-Ni (din soluții încălzite ce conțin fluoruri și cloruri agresive) și Sn-Pb (cel mai utilizat, deoarece are putere de pătrundere mare, se sudează ușor, se depune la temperatura camerei);

— striparea rezistului (îndepărtarea fotorezistului uscat) cu clorură de metilen sau a cernelei serigrafice cu tricloretilenă. Prin aceasta se eliberează porțiunile neactive ale circuitului;

— corodarea se poate executa cu agenții de corodare descriși, excluzînd însă clorura cuprică. Se folosesc mașini de corodat cu jeturi oscilante (exemple mașina Chemout).

Observații. Prepararea clorurii ferice de 35—40°Bé se obține prin umectarea ușoară cu apă 300 g oxid de fier, de concentrație 95%, după care se adaugă 2 000 ml acid clorhidric concentrat tehnic. Se omogenizează cu o baghetă de sticlă. După răcire se transvasează în sticle. Clorura ferică este un agent slab oxidant.

Prepararea emulsiei fotosensibile lichide se realizează astfel: 2,5 pînă la 4 g de bicromat de amoniu este mojarat fin și turnat în 100 cm³ soluție de alcool polivinilic 10%. Difuzia cristalelor de bicromat de amoniu se face ușor in masa polimerului, pentru a evita formarea de bule de aer ce nu ar mai asigura o uniformitate a emulsiei pe placa de realizat. Se pot folosi în locul alcoolului polivinilic, gelatină sau clei. Îmbibate cu bicromat de amoniu, gelatina, cleiul sau alcoolul polivinilic după expunere la lumină ultravioletă, devin insolubile în apă. Developarea constă în solubilizarea în apă a părților ce nu au fost expuse. Colorarea după developare se face ținînd placa in soluție cerneală-apă 1:1 timp de 2—3 min. Fixarea are drept scop întărirea stratului prin cufundarea plăcii în anhidridă cromică 5% timp de cel mult 1 min. Se obține colorarea în verde deschis. Se țin apoi plăcile în cuptor (130°C), timp de 20—30 min pentru a se obține un strat rezistent la corodare; culoarea devine maro-roșcat.

4.1.4. METODE DE ÎNCERCARE A CABLAJELOR IMPRIMATE

STAS 7410-1973 stabilește metodele de încercare a plăcilor stratificate placate cu folie de cupru pentru circuite și cablaje imprimate. Încercările se efectuează pe epruvete la temperatura de 20 ± 2°C și umiditate relativă 65 ± 5%.

Rezistența foliei de cupru se încearcă pe epruvete tăiate din placa de încercat în direcții longitudinale și transversale de aproximativ 330 mm lungime și 25 ± 0,2 mm lățime, curățate cu soluție de acid sulfuric sau acid azotic 5%, spălate cu apă curgătoare, apoi cu alcool. Manevrarea epruvetelor pentru măsurare se face cu mănuși din cauciuc sau material plastic.

Epruveta se așază astfel încît suprafața placată cu cupru să fie în contact cu lamele sau punctele de contact dispuse perpendicular pe axa longitudinală a epruvetei, asigurîndu-se un contact perfect pe toată lățimea foliei; distanța între contactele de curent este de 300 mm, iar contactele de potențial la 150 ± 1 mm și la aceeași distanță de contactele de curent. Curentul este menținut suficient de scăzut ca să se evite încălzirea epruvetei. Se măsoară cu o precizie de ±0,1°C temperatura mediului ambiant, t, în imediata apropiere a epruvetei, iar rezistența epruvetei se calculează din valoarea rezistenței măsurate, R, cu corecția:

$$R_{20°C} = kR,$$

unde coeficientul de corecție k este:

$$k = \frac{1}{1 + 0,00378(t - 20)}.$$

Rezistența de suprafață se încearcă pe epruvete pătrate cu latura de 100 mm pe care se imprimă traseele din figura 91. În cazul cablajelor imprimate dublu față, traseele din figura 91 se imprimă pe o față, cealaltă față fiind lăsată intactă

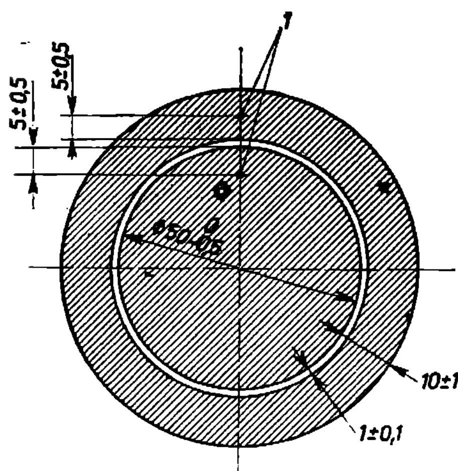


Fig. 91. Epruvetă de încercat rezistența de suprafață a cablajelor imprimate.

sau se elimină folia de cupru prin aceeași metodă prin care se realizează traseele din fig. 91 (gravare chimică în soluție de clorură ferică de circa 30% cu densitatea 1,32 ... 1,41 adică 35°Bé ... 42°Bé, temperatura soluției mai mică de 37°C). Pe fața opusă traseelor se lipește cu un strat subțire de ulei siliconic sau vaselină farmaceutică o folie de aluminiu de 0,01 mm grosime.

Determinarea rezistenței de suprafață (fig. 92) se face conform STAS 6107-1968, în curent continuu, cu tensiune de 500 V ± 50 V, citirea valorii curentului și tensiunii făcîndu-se după 1 minut de la aplicarea tensiunii.

Rezistivitatea de volum se calculează din valoarea rezistenței de volum, R_v [Ω], măsurată cu montajul din figura 93, unde S este suprafața electrodului protejat [cm²], iar a grosimea medie a epruvetei [cm]:

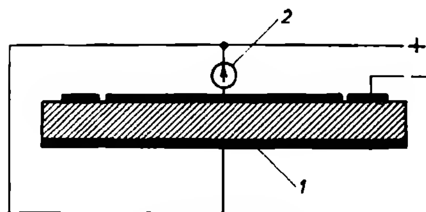


Fig. 92. Determinarea rezistenței de suprafață.

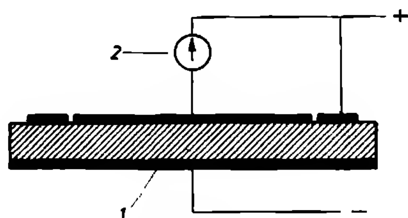


Fig. 93. Determinarea rezistenței de volum.

$$\rho_V = \frac{S}{a} R_V \quad [\Omega\text{cm}].$$

Permitivitatea și tangenta unghiului de pierderi dielectrice se măsoară pe epruvete ca în figura 91, la frecvența de 1 MHz, conform STAS, 2740-1969.

Rezistența de izolație între electrozi se încearcă pe probe de pe care s-a înlăturat complet folia de cupru și în care se realizează două găuri de ⌀5 mm la distanța de 25 ± 1 mm, în care se introduc două bare de alamă sau oțel

care sînt în contact intim cu suportul izolant. Se măsoară rezistența de izolație între electrozi conform STAS 6107-68 la tensiunea de 500 ± 50 V curent continuu, citirea valorilor făcîndu-se după 1 min de la aplicarea tensiunii.

Coroziunea pe suprafață se încearcă pe epruvete ca în figura 91, între electrodul inel și electrodul disc se aplică o tensiune de 100 ± 5 V curent continuu și curent maxim 1 mA, timp de 21 zile, temperatură 40 ± 20°C, umiditate relativă a aerului 95 ± 3%. După cele 21 zile se măsoară rezistența de suprafață și se verifică cu o lupă cu grosismentul 2,5× aspectul spațiului dintre electrodul inel și electrodul disc.

De asemenea, se încearcă coroziunea pe muchie, tensiunea de străpungere paralel cu straturile.

Se determină și parametrii neelectrici: dimensiunile, abaterea de la planeitate, rezistența de smulgere după lipire, rezistența de dezlipire, rezistența la bășicare după șoc termic, capacitatea de ștanțare, absorbția de apă, rezistența la solvent, inflamabilitate, sudabilitate.

4.1.5. PROIECTAREA CABLAJELOR IMPRIMATE

Forma cablajului imprimat este dictată de forma echipamentului electronic în care urmează să intre; forma dreptunghiulară este cea mai economică pentru fabricație. Tipizarea dimensiunilor cablajelor imprimate este de dorit, pentru ușurința tehnologiei de realizare, dar aceasta nu este în practică totdeauna posibil; în orice caz este indicat să se facă eforturi ca să se realizeze aceeași formă și dimensiuni de cablaje imprimate în construcția unui produs.

În proiectarea desenului de cablaj imprimat se urmărește configurația schemei de principiu, dar distanța minimă între traseele vecine, lățimea și lungimea traseelor sînt impuse de parametrii electrici pe care trebuie să-i realizeze schema de principiu a blocului funcțional ce urmează a fi transpus pe cablajul imprimat.

a. **Curentul** care circulă prin traseele conductoare impun lățimea acestor trasee. Precauția majoră care trebuie luată la așezarea traseelor conductoare pe suprafața utilă repartizată circuitului este de a izola pe cît posibil traseele de semnal mic de cele de putere ș.a. În toate cazurile, lățimea traseului trebuie astfel luată încît traseul să suporte intensitatea curentului ce trebuie să treacă prin el la temperatura corespunzătoare. În figura 94 se dă rezistivitatea cuprului în funcție de temperatură [36]. Punctul T_0, ρ_0 este luat ca punct de referință: $\rho_0 = 1{,}78\ \Omega\cdot m$ la 20°C pentru un conductor obținut prin corodarea pertinaxului placat și $\rho_0 = 2{,}5\ \Omega\cdot m$ pentru un conductor depus electrolitic. Variația rezistivității cu temperatura este dată de relația:

$$\rho = \rho_0(1 + \overline{\alpha}\Delta T),$$

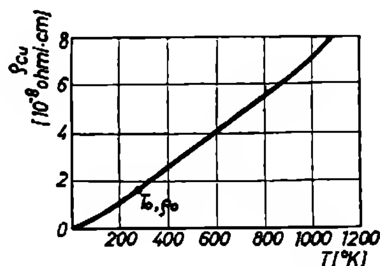


Fig. 94. Variația rezistivității cuprului cu temperatura.

unde $\bar{\alpha}$ este coeficientul de temperatură mediu al rezistivității între două temperaturi alese și nu un coeficient de temperatură al rezistivității pentru o temperatură dată:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{\rho - \rho_0}{T - T_0} .$$

Această relație dă o precizie suficient de bună pentru cazurile practice. Calculul de temperatură al rezistivității este:

$$\alpha = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT},$$

iar pentru temperatura de 20°C, $\alpha_{cupru} = 3{,}9 \cdot 10^{-3}$/grad, adică rezistivitatea cuprului crește cu 0,39% pentru o creștere cu 1°C a temperaturii în jurul temperaturii de 20°C (la carbon, utilizat în tehnologia rezistoarelor imprimate, $\rho_{20°C} = 3{,}5 \cdot 10^{-5}$ Ωm, iar $\alpha_{carbon\, 20°C} = -5 \cdot 10^{-4}$/grad, adică este negativ, ρ descrește cu temperatura).

Calculul supraîncălzirii (θ) conductorului de cupru la trecerea prin el a unui curent de densitate $j = \frac{I}{s}$, pleacă de la relația $P = mc \cdot \theta$, unde m este masa și c — căldura specifică. Încălzirea conductorului în cazul cablajelor imprimate este mai puțin accentuată față de încălzirea conexiunilor convenționale, deoarece la aceeași secțiune de conductor, suprafața conductorului plat în contact cu aerul este mai mare decît suprafața conductorului circular și deci disiparea energiei calorice este mai mare și se pot admite în acest caz densități de curent mai mari decît în cazul conductoarelor circulare obișnuite (20 A/mm²). Secțiunea conductorului trebuie astfel aleasă încît la curentul ce trece prin acest conductor să nu se obțină o supratemperatură, θ, mai mare de 40°C față de temperatura mediului ambiant (în regim de curent continuu sau la intensități variabile la valorile maxime ale curentului).

Calculul termic al cablajelor imprimate [37], ține seama că evacuarea căldurii Q, datorată pierderilor în cupru, se realizează prin convecție și radiație la suprafața exterioară a traseului conductor de cupru, (fig. 95, *a*) (flux

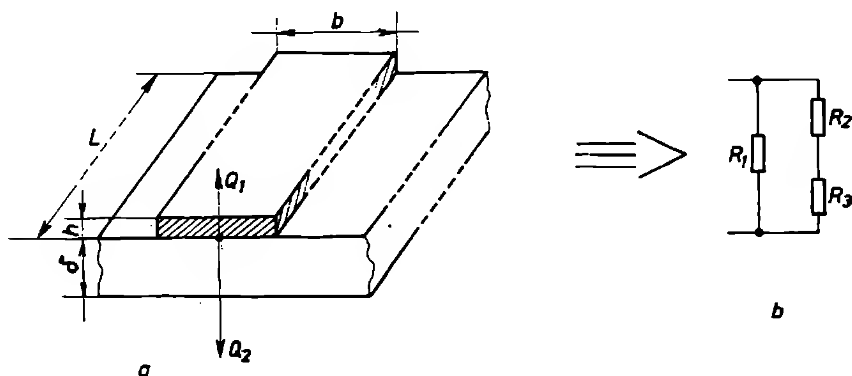


Fig. 95. Fluxul termic (*a*) și schema echivalentă a rezistențelor termice pentru un cablaj imprimat pe o singură față (*b*).

termic Q_1 și rezistență termică R_1 de convecție și radiație directă a peliculei metalice) și prin conductibilitate termică spre suportul izolant (fluxul termic Q_2). Fluxul termic Q_2 se disipă în rezistența termică a suportului izolant R_2 și în rezistența termică R_3, corespunzătoare convecției și radiației feței opuse a suportului izolant, considerînd cablajul imprimat pe o singură față a suportului. Se neglijează rezistența termică a foliei de material conductor.

Fluxul termic Q datorat pierderilor în cupru se determină din căldura disipată de unitatea de suprafață în unitatea de timp, q_s, numită și *flux termic specific* $q_s = \frac{\theta}{R_0}$, unde θ este supratemperatura (diferența de temperatură între temperatura foliei conductoare și temperatura mediului ambiant), iar R_0 reprezintă rezistența termică pe unitatea de suprafață. Rezistența termică specifică corespunzătoare circuitului echivalent din figura 95, este:

$$R_0 = \frac{\lambda + \alpha_2\delta}{\alpha_1\lambda + \alpha_2\lambda + \alpha_1\alpha_2\delta},$$

unde $\alpha_1 = \frac{1}{R_1}$ este coeficientul de transmisie a căldurii de la folia conductoare la aer;

$\alpha_2 = \frac{1}{R_2}$ — coeficientul de transmisie a căldurii de la suportul izolant la aer;

λ — conductivitatea termică a suportului izolant;

δ — grosimea suportului izolant;

$R_3 = \frac{\delta}{\lambda}$

Curbele de variație pentru coeficienții α_1 și α_2 sînt date în figura 96.

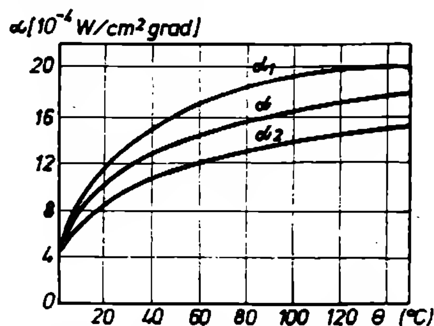


Fig. 96. Variația coeficienților de transmisie a căldurii α_1 (de la cupru la aer) și α_2 (de la suportul izolant la aer).

Deoarece valorile lui α_1 și α_2 sînt apropiate, se poate considera o valoare medie $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$ și rezultă relația aproximativă pentru rezistența termică pe unitatea de suprafață:

$$R_0 = \frac{\lambda + \alpha\delta}{2\alpha\lambda + \alpha^2\delta}.$$

În condiții de răcire liberă, coeficienții de transmisie a căldurii sînt: pentru cupru $\alpha_1 = 6 \cdot 10^{-4} \cdot \theta^{1/4}$ [W/cm² °C]
și pentru pertinax $\alpha_2 = 4{,}12 \cdot 10^{-4} \cdot \theta^{1/4}$ [W/cm² °C]

Conductivitatea termică a materialului izolant este:
— pentru pertinax $\lambda = 28,9 \cdot 10^{-4}$ [W/cm °C];
— pentru ceramică $\lambda = 103 \cdot 10^{-4}$ [W/cm °C].
În mod experimental, s-au trasat curbele de variație ale fluxului termic specific p_s pentru pertinax simplu placat (fig. 97, *a*) și pentru pertinax dublu placat cu folie de cupru (fig. 97, *b*).

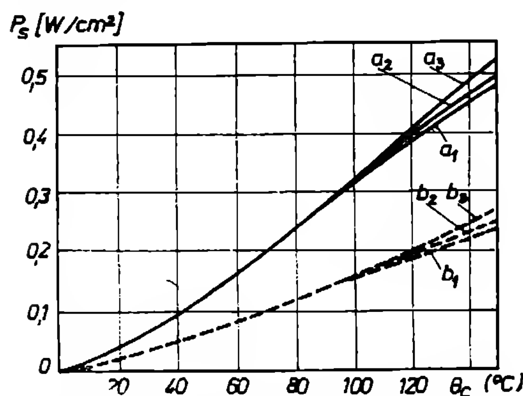


Fig. 97. Variația fluxului termic specific p_s în funcție de supratemperatura conductorului imprimat pe o singură față *a*

a_1 — pertinax de 3 mm grosime, a_2 — suport ceramic de 1 mm grosime și a_3 — suport ideal de grosime infinit mică pentru care $\frac{\delta}{\lambda} = 0$ și corespunzător *b*, pentru pertinax imprimat pe ambele fețe.

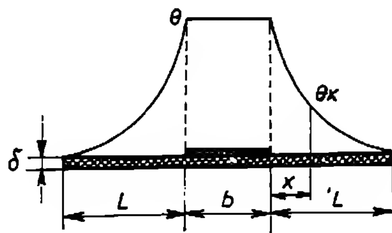


Fig. 98. Distribuția temperaturii în secțiunea unui conductor imprimat θ și a suportului izolant între conductoare θ_x.

Cunoscînd curentul *I* și tensiunea *U*, deci *P*, se poate trasa caracteristica de variație a supratemperaturii θ în funcție de densitatea de curent prin traseul conductor $j = \frac{I}{S} = \frac{I}{bh}$.

Din figura 97 rezultă că pentru supratemperaturi sub 100°C se poate neglija, cu o aproximație de mai puțin de 5%, rezistența termică a suportului izolant.

Distribuția supratemperaturii, în regim staționar, în secțiunea unui traseu conductor pe un suport simplu placat, teoretic și experimental, are aspectul din figura 98: la suprafața conductorului, supratemperatura este practic constantă θ, iar în zonele neplacate, care participă la evacuarea căldurii prin conductibilitate termică a suportului izolant, distribuția temperaturii θ_x se face după funcția:

$$\theta_x = \theta \frac{\text{ch}\, m(l-x)}{\text{ch}\, ml}$$

unde $m = \sqrt{\frac{\alpha_2 2(\delta + L)}{\lambda \delta L}} \simeq \sqrt{\frac{2\alpha_2}{\lambda \delta}}$

La $x = l$, $\theta_l = \theta \frac{1}{\text{ch}\, ml}$

Căldura evacuată de suportul izolant Q_{st} în dreptul traseelor neconductoare de pe cablajul imprimat este, deci:

$$Q_{st} = 2m\lambda\delta L\theta \text{th} ml.$$

În realitate, evacuarea căldurii atinge 99,51% din maximul căldurii Q_{si} la $ml = 3$ şi 90,5% la $m \cdot l = 1,5$. De aici rezultă spaţiul minim care trebuie lăsat între traseele conductoare în proiectarea cablajelor imprimate:

$$l = \frac{ml}{m} = ml\sqrt{\frac{\lambda\delta}{2\alpha_2}}.$$

Calculul termic al circuitelor cablate imprimat urmează următorul mers. Se pleacă de la calculul puterii dezvoltate pe unitatea de suprafaţă a traseului conductor imprimat:

$$p_0 = \frac{P}{S} = \frac{I^2R}{S} = \frac{I^2 \cdot \rho \cdot \frac{L}{bh}}{bL} = \frac{I^2\rho}{b^2\,h} = j^2h\rho.$$

Pentru δ, b, l şi θ aleşi, rezultă din figura 96 coeficientul α_2. Se calculează apoi parametrul $m = \sqrt{\frac{2\alpha_2}{\lambda\delta}}$ şi fluxul termic specific p_s din relaţia:

$$\frac{p_0}{p_s} = \frac{Q}{Q_{ci}}$$

unde $Q_{ci} = \theta\alpha S = \theta\alpha 2Lb$, şi reprezintă căldura ce se evacuează din conductorul imprimat prin cele două suprafeţe plane ale lui,

iar $Q = Q_{ci} + Q_{si} = Q_{ci}\left(1 + \frac{1}{\alpha}\sqrt{\frac{2\alpha,\ \lambda\,\delta}{b}}\,\mathrm{th}ml\right)$

Deci:

$$p_s = p_0\left(1 + \frac{\sqrt{2\alpha_2\lambda}}{\alpha}\ \frac{\sqrt{\delta}}{b}\quad \mathrm{th}ml\right)^{-1}$$

Din curba de variaţie $p_s(\theta)$ (fig. 97, *a*), rezultă supraîncălzirea traseului conductor θ, iar cînd valoarea nu coincide cu valoarea aleasă iniţial, se repetă operaţia de cîte ori este necesar.

Pentru cablaj imprimat dublu faţă, se consideră suportul izolant secţionat la jumătate din grosime şi se reproduc calculele, fiind vorba de două secţiuni identice cu cazul cablajului simplu faţă. Adică:

$$m' = \sqrt{\frac{\alpha_2\left(2\frac{\delta}{2} + L\right)}{\lambda\frac{\delta}{2}\,L}} \simeq \sqrt{\frac{2\alpha_2}{\lambda\,\delta}} = m$$

$$Q_{si} = m\lambda\delta L\theta\,\mathrm{th}ml$$

$$p_s = p_0\left(1 + \frac{\sqrt{\delta}}{b}\,\frac{\sqrt{2\alpha_2\lambda}}{\alpha}\,\mathrm{th}ml\right)^{-1}.$$

Faţă de calculul termic al cablajului simplu placat, la cablajul dublu placat mărimile Q_{ci} şi Q_{si} sînt înjumătăţite, raportul p_0/p_s rămîne acelaşi. Deci pentru p_0 şi p_s se citeşte pe curbele din figura 97, *b* supratemperatura θ a traseului conductor faţă de temperatura mediului ambiant.

În figura 99 se prezintă curbele după care se poate alege dimensiunea traseului conductor pe un suport placat de pertinax de 1,6 mm grosime la care grosimea foliei de cupru este 70 μm, respectiv 35 μm, în funcție

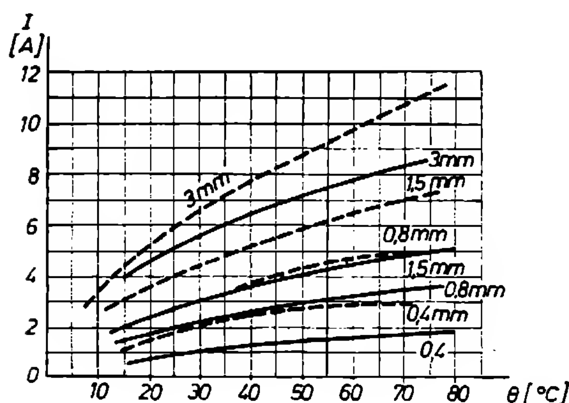


Fig. 99. Intensitatea admisibilă a curentului pentru o supratemperatură și un traseu conductor de lățime dată (linie întreruptă pentru grosimea foliei de cupru de 70 μm, linie continuă pentru grosime de 35 μm; pertinax placat de 1,6 mm grosime).

de intensitatea curentului ce trebuie să treacă prin traseul conductor și supratemperatura rezultată prin această trecere. Se mai poate utiliza figura 100, în care se dă secțiunea traseului conductor în funcție de curent și supratemperatură.

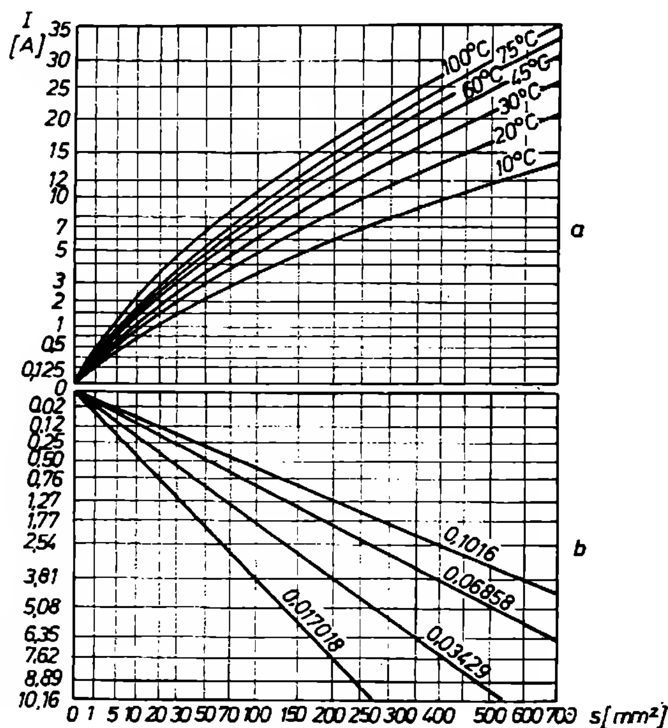


Fig. 100. Grosimea și lățimea traseului conductor în funcție de supratemperatură și curent maxim admisibil.

De asemenea, se pot utiliza graficele din fig. 101 care prezintă lățimea traseului conductor în funcție de grosimea cuprului și curentul maxim admisibil pentru o supratemperatură de 70°C și 35°C, ca și graficele din fig. 100, *b* ce prezintă secțiunea traseului conductor în funcție de cablajul placat, din care rezultă lățimea traseului.

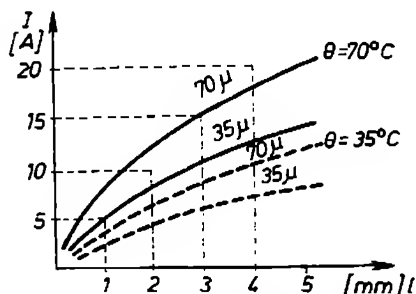


Fig. 101. Curentul maxim admisibil în funcție de supratemperatură și de lățimea traseului conductor.

În tabelul 15 sînt rezumate principalele valori extrase din aceste grafice pentru ușurința proiectării lățimii traseului conductor pe cablajele imprimate cu folie de cupru de 35 și 70 μm.

Tabelul 15

Date rezumative pentru alegerea lățimii traseului conductor pentru cablaje imprimate

Curent maxim admisibil — **Lățimea traseului conductor [mm]**

I[A]	1,5	f,8	3	6
Grosimea foliei 35 μm	5	10	15	23
Grosimea foliei 70 μm	8	15	20	35

Pentru conductoarele prin care trec curenți mari, în funcție de lungimea traseului trebuie calculată căderea de tensiune rezultată ca urmare a pierderilor prin rezistența traseului conductor de cupru: $R = \rho \frac{l}{s}$ cu ρ precizat de relația $\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T)$:

$$U = I\,[\mathrm{A}]\; R[\Omega]\; l[\mathrm{m}].$$

b. **Tensiunea.** Spațiul dintre traseele conductoare este dependent de diferența de potențial ce există între două puncte ale traseului și de protecția traseelor. Distanța minimă necesară între două trasee conductoare ținînd seama de parametrii condițiilor climatice și dielectricul materialului izolant este dată în funcție de tensiunea între traseele conductoare în tabelul 16. Aceste date sînt considerate plecînd de la calculul tensiunii de străpungere a dielectricului (aer, suport izolant, acoperire de protecție) între trasee, luînd un coeficient de siguranță pentru neatingerea limitei de străpungere.

Tabelul 16

Distanța minimă între traseele conductoare ale unui cablaj imprimat, necesară pentru a nu se străpunge dielectricul suport (STAS 7155-74)

Tensiunea între conductoare cc sau valoarea de vîrf ca [V]	Spațiul minim [mm]
A. Distanța între conductoare (de la nivelul mării ... 3000 m)	
0 — 150	0,65
151 — 300	1,30
301 — 500	2,50
peste 500	0,005 mm/V
B. Distanța între conductoare (altitudine peste 3000 m)	
0 — 50	0,635
51 — 100	1,524
101 — 170	3,175
171 — 250	6,350
251 — 500	12,700
peste 500	0,0254 mm/V
C. Distanța între conductoare (orice altitudine) cu acoperire de protecție	
0 — 30	0,254
31 — 50	0,381
51 — 150	0,508
151 — 300	0,762
301 — 500	1,524
peste 500	0,003 mm/V

De exemplu, nu se admite o distanță mai mică de 1 mm cînd între traseele conductoare poate apare în mod normal de funcționare sau în mod accidental o diferență de potențial de maxim 250 V.

În anumite aplicații, cînd subansamblurile funcționale realizate cu cablaje imprimate lucrează în condiții climatice grele, se folosesc acoperirile de protecție pentru conservarea parametrilor electrici ai materialului izolant; se acoperă complet cablajul imprimat cu poliuretan, rășină epoxidică sau rășină siliconică. În anumite aplicații, distanțele între trasee pot fi crescute din cauza efectelor capacității de cuplare între traseele paralele la înaltă frecvență sau pentru a reduce riscul unor reacții parazite.

Pentru curenți și tensiuni mici, cînd nu se pune problema atingerii limitelor descrise, lățimea traseelor conductoare se ia cel puțin 0,6 mm, iar lățimea intervalelor izolatoare între traseele conductoare se consideră de cel puțin 0,8 mm; aceasta este rezoluția cea mai bună ce se poate obține cu metodele fotografice de realizare a cablajelor imprimate de serie. Cablajele de mare finețe sînt contraindicate din cauza defectelor de întrerupere și de scurtcircuitare ce pot apare în procesul tehnologic.

c. **Frecvența** impune restricții numai cînd se lucrează la frecvențe foarte înalte și intervine capacitatea distribuită între traseele conductoare. Pentru proiectarea unui cablaj imprimat pentru un circuit cu funcționare la înaltă

frecvență intervin următorii parametri: dimensiunile traseelor (lățimea conductorului, distanța între trasee, grosimea conductorului), natura conductorului, natura și grosimea suportului izolant.

Capacitatea de cuplaj distribuită pe unitatea de lungime între două trasee conductoare paralele și identice pentru pertinax simplu placat, respectiv dublu placat, este reprezentată în graficele din fig. 102, *a*, respectiv fig. 102, *b*.

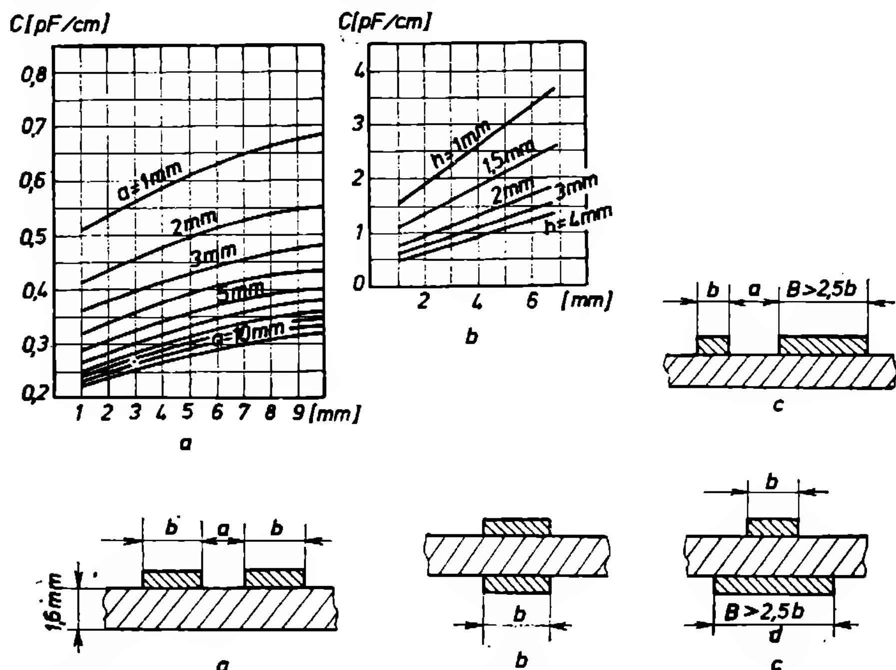


Fig. 102. Capacitatea distribuită de cuplare între traseele paralele conductoare pe suport izolant din pertinax:

a — simplu placat; *b* — dublu placat; *c* — trasee conductoare paralele neegale.

Cînd traseele conductoare nu sînt egale și anume unul este de 2,5 ori mai lat decît celălalt (cel puțin), capacitatea distribuită parazită se obține înmulțind datele din graficele prezentate în fig. 102, *a* și *b* cu coeficientul 1,25 (v. fig. 102, *c*).

Capacitatea distribuită între două trasee conductoare paralele și identice pe un suport de pertinax de 2 mm grosime este prezentată rezumativ în tabelul 17.

Tabelul 17

Capacitatea distribuită între două trasee conductoare dispuse paralel pe un suport izolant din pertinax de 2 mm grosime

Lățimea traseului de cupru [mm]	Capacitatea [pF/cm] pentru o distanță între trasee [mm]			
	1	2	3	4
2	0,62	0,52	0,38	0,30
4	0,68	0,57	0,43	0,34
6	0,73	0,60	0,46	0,36

d. **Rezistența de pierderi.** Pentru căile de semnal mic sau pentru traseele conductoare de intrare în circuite cu mică impedanță de intrare, rezistența pe care o oferă traseul conductor semnalului între elementele conectate are o mare importanță pentru înrăutățirea acestuia (pierderi de semnal — atenuare și zgomot introdus de zgomotul termic al rezistenței echivalente). În fig. 103 se dă variația rezistenței conductorului de cupru în funcție de dimen-

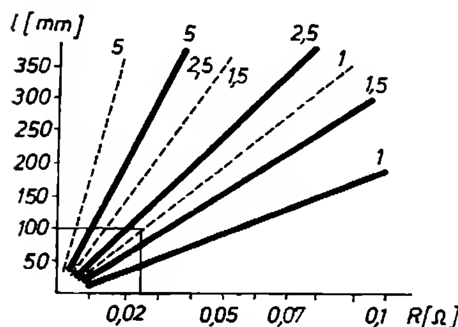


Fig. 103. Rezistența conductorului din cupru la 20°C în funcție de dimensiunile traseului conductor.

siunile lui. Între valoarea rezistenței și lungimea traseului conductor este o relație liniară dată de $R = \rho \frac{l}{s}$.

e. **Considerații de montare pe șasiu.** (STAS 7155-1974 — Cablaje imprimate. Dimensiuni și toleranțe și STAS 7410-1973 — Plăci stratificate placate cu folie de cupru pentru circuite și cablaje imprimate). Metodele de încercare dau date standardizate cu privire la realizarea cablajelor și circuitelor imprimate în condițiile din țara noastră.

Gama diametrelor nominale și abaterile găurilor normale nemetalizate în raport cu valoarea nominală sînt date în tabelul 18, conform STAS 7155-1974.

Tabelul 18

Diametrul nominal [mm]	0,4 ... 0,9	1 ... 2
Toleranța [mm]	± 0,05	± 0,1

Diametrul maximal pentru găuri normale metalizate se determină cu relația:

$$D_{max} = D_{min} + 2\, T_{min} + \Delta H,$$

unde D_{max} este diametrul maxim al găurii metalizate;
D_{min} — diametrul minim al găurii metalizate;
T_{min} — grosimea minimă a metalizării;
ΔH — variația totală a diametrului găurii perforate conform cu datele din tabelul 18.

Pentru găurile și crestăturile de ghidaj nemetalizate (găurile tehnologice), toleranța față de dimensiunile nominale trebuie să fie $\pm 0{,}1$ mm la lungime și lățime.

În funcție de grosimea δ a suportului izolant (valabil numai pentru prelucrări cu matrițe), diametrele găurilor, distanța dintre ele, precum și distanța dintre o gaură și marginea cea mai apropiată a plăcii se recomandă a fi:

— diametrul cel mai mic al găurii $\geq 2/3\ \delta$;

— distanța minimă dintre marginile găurilor $= \delta$ (grosimea plăcii);

— distanța dintre marginea unei găuri și cea mai apropiată margine a plăcii $> \delta$, conform fig. 104.

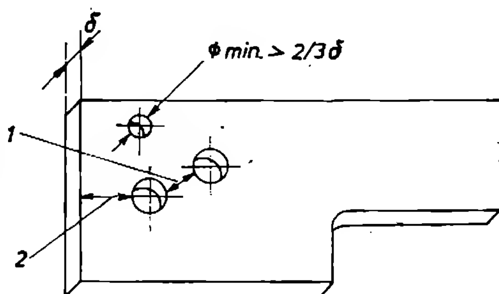


Fig. 104. Diametrul minim al găurilor cablajelor imprimate; distanța minimă dintre găurile cablajului imprimat $= \delta$ (1); distanța dintre gaură și cea mai apropiată margine $> \delta$ (2).

Dispunerea componentelor pe cablajul imprimat se poate face după diferite harduri. O primă aproximație pentru a vedea care este suprafața A ce se cere cablajului imprimat în realizarea unui circuit (și de cele mai multe ori destul de apropiată de scopurile planificate) se obține utilizînd relația:

$$A = 1{,}75(A_1 + A_2),$$

unde A_1 reprezintă suma suprafețelor ce se cer pentru conectare, puncte de măsurare etc., iar A_2 reprezintă suma suprafețelor ocupate de diferite componente. Componentele rotunde sînt considerate că ocupă o suprafață pătrată cu latura egală cu diametrul componentei.

Componentele de RF sînt surse puternice de cîmp magnetic sau electric și de aceea trebuie ecranate. Interconectarea ridică probleme deosebite: legăturile sînt relativ lungi și neflexibile, cu terminații pe conectoare ce au spații mari între legături; aceste legături trebuie să asigure o transmitere a puterii cu pierderi cît mai mici.

Pentru a avea un transfer de putere cît mai bun, aceste legături se fac fie prin linii de transmisiune, fie prin ghiduri de undă. În general liniile de transmisiune sînt mici, mai ușoare și conduc semnale într-un domeniu de frecvențe mai mare decît ghidurile de undă. Liniile de transmisiune sînt de două tipuri: multifilare și coaxiale (conductorul central înconjurat de cel de al doilea conductor, separați printr-un material dielectric). Liniile coaxiale se pot confecționa: rigide, semiflexibile și flexibile.

Ghidurile de undă au atenuare mai mică, manevrează puteri mai mari, dar sînt de dimensiuni mult mai mari decît cablurile coaxiale.

Domeniul de frecvență în care sînt utilizate liniile de transmisiune și ghidurile de undă este 1 000 ... 10 000 MHz, liniile în special la frecvențe mai joase ale domeniului, iar ghidurile la frecvențe înalte.

Capacitatea de interconectare a cablajelor imprimate

Protecția necesară ca să asigure personalul ce manevrează echipamentul electronic din care cablajul imprimat face parte, șocului electric la conectarea

și deconectarea circuitelor sau contra scurtcircuitelor accidentale ale contactelor, cere luarea unor măsuri speciale [15]:

— unul din pinii conectorului este folosit ca masă și nu învelișul (caseta) conectorului dacă aceasta este metalică;

— conectorul tată sau împingătorul trebuie să nu conțină nici un contact (pin) cald cînd este scos din conectorul mamă;

— conectorul mamă sau soclul să conțină contactele cu părțile calde sau de putere ale circuitului;

— contactele conectorului mamă trebuie să fie pe cît posibil înfundate în conector.

Polarizarea. Orice conector trebuie să fie astfel montat încît să nu permită conectarea incorectă: cheie poziționată, forma învelișului protector al conectorului, aranjamentul nesimetric al contactelor (pinilor).

Pini liberi. Specificațiile militare cer un număr de contacte sau pini liberi care să permită orice îmbunătățire sau schimbare în circuit. Aceasta evident nu este necesar și nici posibil la modulele încapsulate care sînt considerate nerecuperabile și de nemodificat. În proiectarea cablajelor imprimate se ține seama la realizarea desenului ca să se lase legături libere în funcție de numărul contactelor conectorului utilizat:

— conector cu mai puțin de 25 contacte, 2 contacte libere;

— conector cu 26 ... 100 contacte, 4 contacte libere;

— conector cu mai mult de 101 contacte, 6 contacte libere.

De obicei se lasă minim 10% din contactele conectorului libere.

Circuite ecranate: conectoarele utilizate pentru cablaje ale unor circuite electronice ce lucrează cu semnale de frecvență sub 100 kHz au, în general, capacități între contacte mici. Totuși, legăturile cu semnal trebuie alternate cu contacte de masă. La frecvențe peste 100 kHz sînt recomandate măsurări pentru a determina fie care procedeu, este eficace pentru trasarea legăturilor, fie necesitatea utilizării unui conector coaxial.

4.1.6. MONTAREA CABLAJULUI IMPRIMAT PE ȘASIU

Cablajele imprimate au dezavantajul de a fi flexibile într-o măsură ce poate duce la creșterea efectelor vibrațiilor față de centrul cablajului imprimat.

Dacă cablajul imprimat conține piese relativ grele, el trebuie prins rigid de șasiu, altfel va intra în mișcare de vibrație, dar se poate distruge și la șoc. Subansamblurile funcționale realizate pe cablajele imprimate care conțin componente de dimensiuni și greutate mai mici pot fi montate astfel încît să fie ușor scoase (eventual înlocuite) prin conectoare cu ghidaje laterale (fig. 105).

Deplasarea cablajului imprimat în conector sau vibrația cablajului poate duce la flexiuni repetate ce distrug adeziunea traseelor conductoare la suportul cablajului, mai ales în dreptul conectoarelor, și la obosirea componentelor. Flexiunile cablajului imprimat sub acțiunea șocurilor sau vibrațiilor depind de greutatea cablajului imprimat și a componentelor pe care le susține, metoda de montare a cablajului imprimat pe șasiu, rigiditatea mecanică a materialului din care este realizat cablajul imprimat și configurația circuitului.

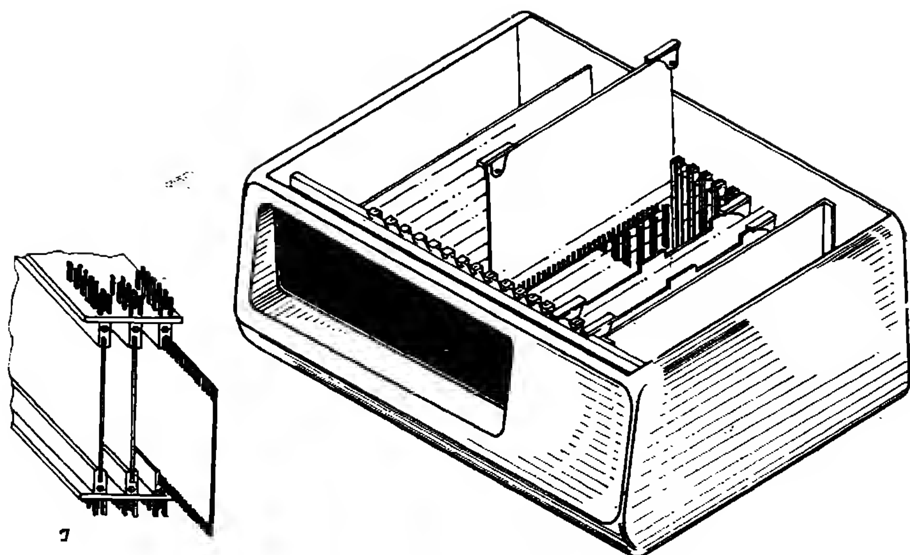


Fig. 105. Montarea cablajelor imprimate pe șasiu.

Relația după care se face calculul flexiunii cablajului și al frecvenței naturale de vibrație este următoarea:

$$f_n = \frac{k}{2\pi}\sqrt{\frac{Eg}{GL^3}\,\frac{Bt^3}{12}}$$

$$f_n = 3{,}13\sqrt{\frac{1}{d}},$$

unde f_n este frecvența naturală de vibrație [Hz];
k — constantă;
E — modulul de elasticitate al cablajului imprimat;
G — greutatea cablajului imprimat cu componente [g];
L — lungimea cablajului [mm];
B — lățimea cablajului imprimat [mm];
t — grosimea cablajului [mm];
d — flexiunea statică a cablajului [mm].

Pentru a avea o flexiune minimă a cablajului și frecvența naturală de vibrație maximă, lungimea cablajului imprimat trebuie să fie minimă, iar grosimea maximă, în limitele proiectării.

Frecvența naturală de vibrație a unui cablaj imprimat se obține cu ajutorul nomogramei din fig. 106 [15]. Se fixează dimensiunile cablajului imprimat pe scările respective (fig. 106), iar dreapta *1*, ce le unește, taie dreapta *A* într-un punct prin care se duce dreapta *2*, în funcție de valoarea lui *C*. Se citește apoi frecvența de vibrație f_n [Hz].

În funcție de materialul suportului cablajului imprimat, sau materialul plăcii a cărei frecvență naturală de vibrație se caută, frecvența de vibrație citită pe scara f_n (fig. 106) se multiplică cu un factor, după cum urmează: 0,55 pentru rășină epoxidică, 0,98 pentru aluminiu, 0,96 pentru magneziu.

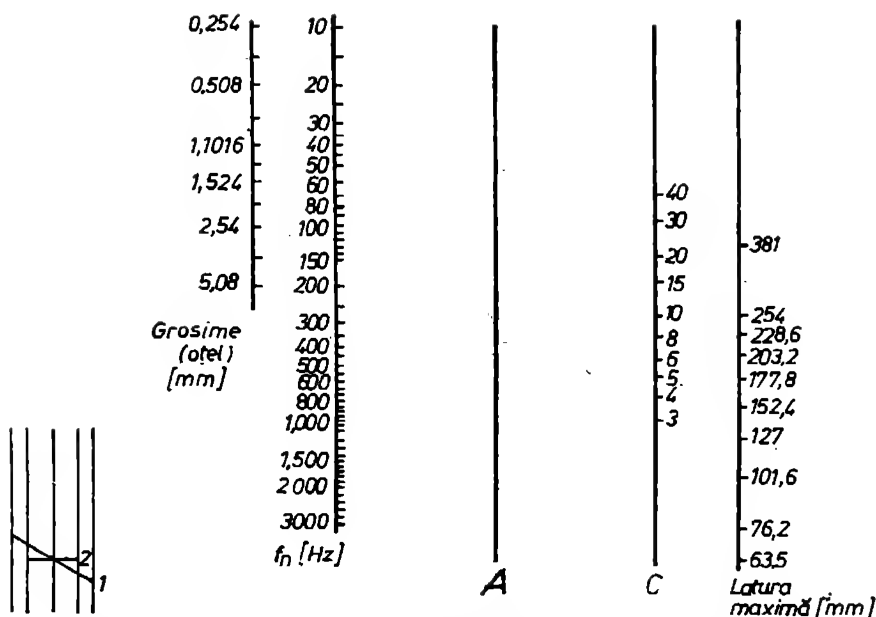
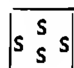


Fig. 106. Nomograma de calcul al frecvenței naturale de vibrație a unui cablaj imprimat.

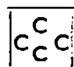
Pentru determinarea frecvenței naturale de vibrație a unui circuit imprimat cu nomograma din fig. 106, este necesară stabilirea valorii constantei C (parametrii care intervin în nomogramă sînt reduși față de relația de calcul și deci, și valoarea constantei C este alta decît k). Constanta C se consideră din tabelul 19 și depinde de condițiile reale de montare. Cea mai utilizată metodă

Tabelul 19

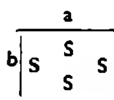
Stabilirea valorii constantei C pentru calculul frecvenței naturale de vibrație a cablajelor.



Suprafață pătrată cu laturile sprijinite, constanta C = 19,20



Suprafață pătrată cu laturile clampate, constanta C = 35,00



Suprafață dreptunghiulară cu laturile sprijinite, constanta C în funcție de raportul laturilor:

a/b	C
1,0	19,20
1,5	14,50
2,0	12,40
2,5	11,40
3,0	10,84

de montare pe șasiu a cablajelor imprimate este montarea cu conector la un capăt (latură) și cu ghidaje laterale (fig. 105, *b*). Marginile din ghidaje nu pot dezvolta momente de încovoiere în cablaj; aceste ghidaje reprezintă suporți de sprijin. În mod asemănător, conectoarele reprezintă suporți de sprijin. Marginea opusă conectorului poate fi supusă flexiunilor, dar fără ca să fie substanțial afectată constanta *C*.

Cablajele imprimate care au în centrul plăcii o prindere de șasiu prin șurub, nu pot fi calculate cu această nomogramă, deoarece dimensiunile reale ale cablajului imprimat sînt modificate prin această prindere.

Componentele susținute de cablajul imprimat tind să rigidizeze într-o oarecare măsură cablajul imprimat, adesea cu mai mult de 50%.

4.1.7. CIRCUITE IMPRIMATE

Atît teoretic cît și practic se poate realiza prin tehnica cablajelor imprimate orice componentă de circuit în afara tuburilor electronice. Dar tehnologia de realizare a acestor elemente prin tehnica cablajelor imprimate este greoaie și scumpă și nu justifică decît în anumite cazuri utilizarea elementelor de circuit imprimat, fiind economică și indicată utilizarea componentelor discrete. Justificarea elementelor de cablaj imprimat se poate face pentru circuite de înaltă frecvență, unde sînt necesare inductanțe și capacități de valori mici, valori ce se pot realiza prin această tehnică.

Elementele de circuit imprimat se utilizează la realizarea circuitelor ce lucrează la peste zeci de MHz; în domeniul microundelor se realizează elemente de circuit imprimate cu constante distribuite. Dar cu cît frecvența de lucru este mai înaltă, cu atît proprietățile electrice ale materialelor utilizate trebuie să fie mai bune și deci prețul este mai ridicat.

4.1.7.1. Rezistoare imprimate

Rezistoarele pe bază de carbon se utilizează în locul rezistoarelor discrete cu peliculă de carbon. Rezistivitatea pastei carbon și liant dă rezistența ce poate fi realizată prin această tehnică, în funcție de grosimea peliculei și dimensiunile rezistenței. Practic se obțin valori între 1 și 10 MΩ. Puterea de disipație depinde de compoziția pastei și dimensiunile peliculei depuse. În tabelul 20 se prezintă valori tipice ale rezistenței rezistoarelor imprimate

Tabelul 20

Valorile tipice ale rezistenței și puterii de disipație realizată prin tehnica circuitelor imprimate

L × *l* [mm]	1 × 100	10 × 10	0,2 × 100	25 × 40
R[Ω]	2 500	25	12 500	40
P[W]	0,1	0,1	0,02	1

cu peliculă de carbon și ale puterii de disipație, realizate dintr-o pastă depusă pe suport în grosime de 50 μm şi cu o compoziție ce oferă o rezistență specifică de 25 Ω/mm^2.

Procesul tehnologic de realizare a rezistoarelor imprimate pe bază de carbon este următorul:

— acoperirea suportului izolant printr-una din metodele de realizare a cablajelor imprimate cu pasta conductoare formată din negru de fum sau grafit coloidal, liant (lac de bachelită) și solvent (alcool etilic);

— uscarea în cuptor;

— îmbătrînirea artificială;

— acoperirea de protecție cu un lac protector contra factorilor mecanici și climatici.

Toleranța rezistențelor rezultate din fabricație se obține practic în jur de 2% și depinde de precizia controlului grosimii peliculei pastei depuse. Toleranțe mai mici se obțin folosind metoda serigrafiei de realizare a circuitelor imprimate, pasta conductoare avînd ca liant rășină siliconică. Pentru acoperirea de protecție este indicată rășina melaminică.

Rezistoarele imprimate metalice utilizează aliaje metalice pentru fabricarea rezistoarelor imprimate de precizie cu zgomot mic și putere de disipație mare. De asemenea, procedeul este utilizat pentru realizarea traductoarelor rezistive, cînd rezistorul imprimat are drept suport izolant un material elastic. Precizia fabricației este sub 1%; zgomotul rezistoarelor imprimate metalice este sub 0,02 μV/V. Prin depuneri de metale nobile (80% Au și 20% Pt) se obțin valori de rezistențe între 10 și 3 MΩ, cu funcționare în domeniul de temperatură — 50°C ... +150°C.

Rezistoarele imprimate fie cu peliculă de carbon, fie pe bază de aliaje metalice se pot ajusta prin micșorarea secțiunii transversale (prin răzuirea peliculei la suprafață), fie prin mărirea lungimii (fig. 107).

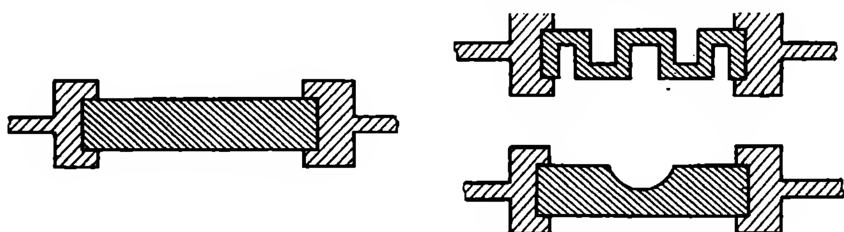


Fig. 107. Rezistoare imprimate.

Se pot realiza rezistoare imprimate cu peliculă de carbon și metalice pe același suport izolant folosind metodele depunerilor succesive utilizînd șabloane sau folosind metoda corodărilor succesive plecînd de la un suport acoperit cu straturile de aliaj metalic și pasta de carbon. Legăturile electrice între rezistoare și celelalte elemente de circuit sînt realizate de traseele conductoare de cupru ale cablajului imprimat.

Un alt procedeu de realizare a rezistoarelor imprimate este cel al utilizării benzilor adezive la cablajul imprimat pe care sînt diferite paste rezistive, și care se găsesc în comerț fabricate de diverse firme. Precizia rezistenței depinde de precizia decupării din bandă adezivă.

4.1.6.2. Condensatoare imprimate

Traseele conductoare ale unui cablaj imprimat prezintă o capacitate de cuplare în domeniul frecvenţelor înalte. Se pot realiza condensatoare imprimate prin imprimarea de trasee conductoare paralele pe o faţă a cablajului imprimat (simplu placat) sau pe ambele feţe ale cablajului dublu placat (fig. 108).

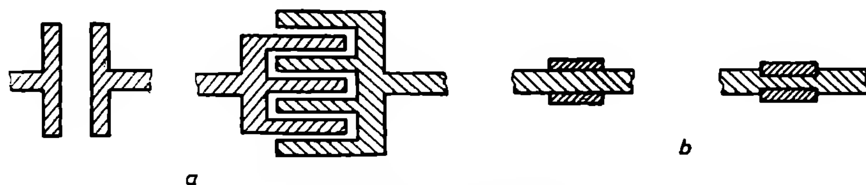


Fig. 108. Condensatoare imprimate:
a — condensatoare imprimate pe suport simplu placat; b — condensatoare imprimate pe suport dublu placat.

Proiectarea condensatorului imprimat se face după formula condensatorului plan:

$$C = 0{,}088\ \varepsilon\ \frac{S\,[\mathrm{cm}^2]}{d\,[\mathrm{cm}]}, \quad [\mathrm{pF}]$$

unde S este suprafaţa armăturii condensatorului; d — distanţa între armături; ε — constanta dielectricului dintre armături.

De exemplu, pentru un condensator imprimat realizat pe un suport dublu placat cu grosimea pertinaxului de 1,6 mm ($\varepsilon = 5$) se obţine o capacitate distribuită de 5,5 pF/cm^2.

Pentru mărirea valorii capacităţii se utilizează materiale cu constantă dielectrică de ordinul sutelor, sau se micşorează distanţa dintre armături sau se măreşte suprafaţa armăturilor prin realizarea condensatoarelor de tip pieptene.

Dezavantajele condensatoarelor imprimate constau în valorile mici ale capacităţilor ce se pot realiza, cerinţa unui suport izolant cu pierderi mici la frecvenţe înalte şi restricţia în ceea ce priveşte tensiunea de lucru pentru a nu se străpunge dielectricul.

Prin tehnica circuitelor imprimate se realizează şi condensatoare variabile, la care numai una din armături este pe suportul placat, cealaltă armătură este o depunere metalică pe un disc ceramic; armătura mobilă este prinsă articulat de suportul imprimat.

4.1.6.3. Bobine imprimate

Valoarea inductanţelor realizate prin tehnica circuitelor imprimate este între 0,1 ... 10 μH. Pe cablaje dublu placate se pot obţine valori de inductanţe mai mari, deoarece intervine şi inductanţa mutuală între înfăşurările imprimate pe cele două feţe ale placatului. Factorul de calitate al bobinelor imprimate este sub 100, rar depăşind această valoare, din cauza valorilor mici ale inductanţei şi a valorilor relativ mari ale rezistenţelor de pierderi ale traseului ce realizează înfăşurările bobinei. Se poate îmbunătăţi factorul de calitate

argintînd traseul conductor (micşorînd pierderile) şi alegînd caracteristici electrice bune pentru suportul izolant al bobinei.

Proiectarea unei bobine imprimate pleacă de la relaţiile fizice ce dau inductanţa unei înfăşurări cunoscînd parametrii acesteia.

O relaţie utilizată în practică ce dă cu o precizie de 5% inductanţa bobinei reale măsurată faţă de valoarea calculată este următoarea:

$$L = 0{,}39 \frac{R_m^2\,[\text{cm}]N^2}{8\,R_m + 11\,C\,[\text{cm}]} \quad [\mu\text{H}]$$

unde R_m este raza medie a bobinei;
N — numărul de spire;
C — lăţimea bobinajului.

Pentru bobine imprimate pătrate (fig. 109, *b*), R_m se consideră egal cu jumătate din latura medie a pătratului, iar inductanţa se calculează cu formula de mai sus, la care se aduce o corecţie înmulţind valoarea rezultată cu 1,25. În fig. 109 se prezintă două tipuri constructive de bobine imprimate folosite în tehnica circuitelor de înaltă frecvenţă.

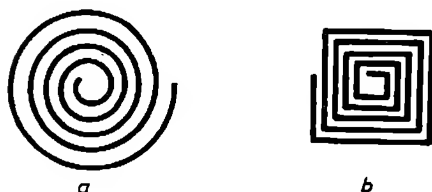


Fig. 109. Bobine imprimate.

Se realizează, de asemenea, prin tehnica circuitelor imprimate inductanţe ajustabile la care un miez de ferită de înaltă frecvenţă poate modifica prin apropierea sau depărtarea de înfăşurarea imprimată valoarea inductanţei sau prin introducerea sau scoaterea unor legături de scurtcircuitare (strap) între spirele bobinei imprimate, sau prin apropierea sau depărtarea unei piese metalice de bobină.

Formele geometrice ale bobinelor imprimate pot fi foarte variate prin utilizarea unor suporturi izolante de circuit placat flexibile. S-au realizat astfel şi transformatoare.

Dintre toate elementele de circuit, bobinele imprimate sînt cele mai utilizate date fiind caracteristicile reproductibile cele mai adecvate acestei tehnici, în comparaţie cu realizarea bobinelor pe carcase.

4.2. TEHNOLOGII DE MICROMINIATURIZARE

În afară de circuite integrate monolitice, la care atît componentele active cît şi cele pasive se realizează în cadrul unui singur bloc, circuite care constituie obiectivul unei industrii specializate, în construcţia echipamentelor electronice se mai utilizează circuite hibride la care componentele pasive şi interconexiunile se obţin fie prin tehnologia straturilor subţiri (TSS), fie prin tehnologia straturilor groase (TSG). Componentele active, şi chiar unele componente pasive de valori mari se ataşează ca elemente discrete, de obicei, special

fabricate în acest scop, deoarece pentru a răspunde scopului propus de miniaturizare, se impune geometrie bidimensională [38]. De exemplu, se folosesc dispozitive active cu dimensiuni reduse realizate prin tehnologia beam-lead, tehnologie în care regiunile de contactare sînt îngroșate și prelungite în afara cipului, fiind în același timp electrozi de conectare în circuit, dar și suport mecanic.

Circuitele hibride (TSS și TSG) sînt indicate pentru circuitele în care se cere o precizie mare a elementelor pasive, în circuitele de putere și, în general, în circuitele la care elementele nu se pot integra, de exemplu circuitele de înaltă frecvență și microunde, care nu se pot realiza prin tehnologia monolitică din cauza cuplajelor între componente.

4.2.1. TEHNOLOGIA STRATURILOR SUBȚIRI

Circuitele realizate prin tehnica straturilor subțiri au proprietățile determinante de grosimea straturilor, grosime care este de ordinul de mărime al drumului liber mijlociu al purtătorilor de sarcină în strat. Grosimea straturilor subțiri nu depășește 5 μm. Circuitele cu straturi subțiri se obțin prin condensarea vaporilor materialului de depunere pe un substrat solid și inert din punct de vedere electric. Este o tehnologie relativ veche, utilizată de mult în realizarea straturilor antireflectante, a filtrelor interferențelor, a oxizilor anodici pentru condensatoarele electrolitice.

Avantajele tehnologiei straturilor subțiri constau în faptul că se obțin circuite compacte cu densitate mare de componente; circuitele sînt reproductibile, deoarece proprietățile identice ale straturilor se pot controla prin grosimea și mecanismul de creștere al straturilor; necesită cantități infime de materiale; disipația de putere este redusă; circuitele sînt fiabile.

Materialele utilizate în realizarea circuitelor prin tehnologia straturilor subțiri sînt:

— pentru interconexiuni: aliaje de Al (Cu, Si), Al, Cu, Mo—Au, Ti—Ag, Cr—Ag, Pt—Au, Cr—CuAu, Pb—Sn;

— izolări (pasivizări): $SiO_2 \cdot P_2O_5$; SiO_2; Si_3N_4; Al_2O_3;

— încapsulări: SiO_2; $SiO_2 \cdot P_2O_5$; Al_2O_3; $PbO \cdot B_2O_3 \cdot SiO_2$;

— rezistoare: Ta; TaN_2; $Cr \cdot SiO$; NiCr; SnO_2;

— condensatoare: SiO_2; Ta_2O_5; HfO_2; ZrO_2; $PbTiO_3$;

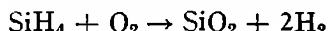
— semiconductoare: Si, Se, Te, SiC, GaAs, GaP, AlW, InAs, InSb, PbS, PbTe, CdS, CdSe, ZnSe;

— substraturi: sticle, materiale ceramice, safir.

Procedeele tehnologice de realizare a circuitelor hibride cu straturi subțiri sînt: evaporare în vid, pulverizare, metode chimice și depunere fizică.

Metoda chimică de formare a straturilor plecînd de la materialul substratului se bazează pe reacția chimică dintre materialul suprafeței substratului și alte substanțe. Metoda este folosită pentru obținerea unor straturi subțiri de oxid, cu calități dielectrice bune, plecînd de la Si, Ta, V, Nb, Al și gaze oxidante (H_2O, N_2O, CO_2), procesul fiind controlat prin viteza de difuzare a gazului oxidant.

Metoda chimică de formare a straturilor din reacții între două sau mai multe substanțe sau din descompunerea unei substanțe complexe, substratul neavînd un rol activ, are la bază realizarea straturilor subțiri prin reacțiile:



$$SiH_4 + O_2 \rightarrow SiO_2 + 2H_2$$



$$WCl_6 \rightarrow W + 3Cl_2$$



$$SiCl_4 \rightarrow Si + 2Cl_2$$

Metoda evaporării în vid constă în încălzirea materialului de depunere (pentru majoritatea materialelor utilizate între 800—1500°C) într-o incintă în care presiunea este suficient de mică pentru ca drumul liber mijlociu al moleculelor și atomilor evaporați să fie de același ordin de mărime cu dimensiunile incintei în care se face evaporarea. Vaporii materialului nu suferă ciocniri cu moleculele gazului rezidual și ajung în linie dreaptă pe substrat.

Pulverizarea constă în bombardarea cu particule de energii mari a materialului ce trebuie depus, bombardare ce provoacă desprinderea atomilor sau moleculelor din material și depunerea lor pe substrat. Procedeul este indicat pentru materiale refractare. De exemplu, depunerea tantalului, care are o temperatură de topire de 3 030°C, se realizează prin crearea unui flux de plasmă dintr-un gaz aflat într-o incintă cu presiune redusă supus la un cîmp de cîțiva kilovolți.

Pulverizarea materialelor dielectrice și semiconductoare se realizează prin aplicarea unei tensiuni de radiofrecvență între electrozii tubului cu plasmă; bombardarea atît cu ioni pozitivi, cît și cu electroni, împiedică acumularea de sarcini electrice pe materialul ce trebuie pulverizat.

Depunerea fizică este un procedeu tehnologic de realizare a straturilor subțiri, care constă în acoperirea cu pulbere de material și tratarea termică pentru sinterizare și omogenizare a stratului.

Procesul tehnologic de realizare a circuitelor cu straturi subțiri cuprinde următoarele faze:

— pregătirea suprafețelor substratului prin spălare cu ultrasunete în detergenți și clătire cu apă deionizată;

— depunerea straturilor printr-unul din procedeele descrise mai sus;

— definirea formelor componentelor cu straturi subțiri, care se poate realiza prin:

— depunere selectivă, folosind măști metalice sau măști de contact; rezoluția procedeului, depinzînd de posibilitatea de realizare a măștii, este de 12,5 μm la o suprafață utilă de 25 cm^2 într-un vid de 10^{-4} torri; toleranțele componentelor sînt de $\pm 5\%$;

— decapare selectivă a straturilor ce sînt depuse pe substrat, folosind metoda fotografică și decapanți care sînt activi corespunzător unui singur strat; rezoluția procedeului, depinzînd de rezoluția măștii și procesul de decapare, este de 2,5 μm (200 linii/mm); toleranțele componentelor sînt de $\pm 5\%$;

— microgravare, îndepărtînd selectiv straturile depuse inițial pe suport, și folosind un fascicul laser comandat de un calculator programat, conform configurației cerute; se obțin toleranțe pentru rezistoare sub $\pm 0,01\%$, iar pentru condensatoare $\pm 0,1\%$;

— ajustarea individuală a componentelor și testarea lor are drept scop aducerea componentelor din circuit la valoarea nominală. Ajustarea se poate

realiza fie prin schimbarea structurii stratului aplicînd un tratament termic controlabil, fie prin microdistrugerea mecanică sau cu fascicul laser a stratului. Anumite metale (Ta, Al etc.) permit modificarea proprietăților straturilor pe care le realizează prin anodizare parțială;

— îngroșarea traseelor conductoare prin metode chimice sau direct cu aliaj de lipit pentru a obține o rezistență electrică minimă;

— separarea circuitelor identice realizate pe același substrat prin tăierea cu diamant sau fascicul laser;

— atașarea componentelor discrete prin sudură cu termocompresiune sau ultrasunete, sau lipire cu aliaj de lipit;

— atașarea terminalelor;

— ajustare funcțională folosind fascicul laser și testarea pentru a încadra circuitul în parametrii nominali de funcționare;

— încapsularea pentru protecția circuitului, de exemplu, cu rășini epoxidice, cauciuc siliconic sau sticlă;

— controlul final pentru verificarea performanțelor electrice în condițiile climatice și mecanice prescrise; marcarea.

Circuitele realizate prin tehnologia straturilor subțiri, putînd fi construite prin contururi de mare finețe, sînt circuitele ce lucrează în domeniul frecvențelor foarte înalte, pînă la 30 GHz. Se folosesc în circuitele pentru radar, analizoarele spectrale la frecvențe foarte înalte, amplificatoare de putere pentru microunde, convertoare A—D și D—A, circuite cu elemente pasive (în special rezistențe) de precizie și stabilitate bună.

4.2.2. TEHNOLOGIA STRATURILOR GROASE

Circuite hibride cu straturi groase sînt circuite realizate prin arderea controlată a unor paste depuse pe un substrat, în straturi ce au grosime mai mare de 5 μm.

Prin tehnologia straturilor groase se realizează numai componente pasive. Tehnologia diferă de cea a straturilor subțiri atît prin grosimea straturilor, cît și prin procedeele de obținere și materialele utilizate.

Circuitele realizate prin tehnologia straturilor groase se caracterizează prin cost redus, apropiat de cel al circuitelor imprimate, tehnologie și utilaje simple care cer calificare medie, se pot folosi cu metode simple de atașare la circuit, dispozitive active de tehnologii foarte variate.

Materialele utilizate în tehnica straturilor groase

— Pentru substrat se folosesc *ceramice pe bază de alumină, berilie*, titanat sau steatită; cea mai utilizată fiind ceramica cu alumină care asigură o disipație de 1,55 W/cm^2.

— Traseele conductoare se realizează din *paste cu argint și paladiu* sau din *paste cu aur sau aur și platină*. Cele din argint pur nu sînt utilizate deoarece atomii de argint sub influența umidității și cîmpului electric migrează în straturile cu care vin în contact, modificînd parametrii acestora (rezistența, capacitatea), iar difuzia în aliajul de lipit provoacă desfacerea îmbinării (îmbătrînirea). Cele mai utilizate sînt pastele din Ag și Pd, care permit lipirea în aliaj convențional Sn—Pb (fludor), dar care, prin adăugarea paladiului, are conductivitatea electrică înrăutățită. Cînd se cere o conductibilitate

electrică bună se folosesc paste Au+Pt, care permit lipirea cu fludor, dar care sînt scumpe.

În tabelul 21 se dă rezistența pe pătrat pentru paste pe bază de Ag, Ag—Pd,

Tabelul 21

Rezistența/pătrat și suprafața echivalentă ca preț pentru paste de trasee conductoare în tehnologia straturilor groase

Pasta	Ω/pătrat	Suprafața relativă la același preț de cost
Ag	0,02	1
Ag—Al	0,02 ... 0,06	0,36
Au	0,002 ... 0,005	0,06
Au—Pt	0,05	0,36

Au și Au—Pt și suprafața de substrat în unități convenționale ce se poate acoperi la același cost.

— Pentru rezistoare se folosesc *paste pe bază de Ag + Pd*, care sînt arse controlat în aer la 500 — 800°C; *paste de ruteniu și oxid de ruteniu*, care sînt mai stabile, reacția de oxidare avînd loc la o temperatură mult mai mare; *paste cu iridiu și oxid de iridiu*, care sînt scumpe și necesită temperaturi de ardere ridicate. Se obțin rezistențe între 10 ... 10^6 Ω/pătrat. Tensiunea de zgomot a rezistoarelor cu straturi groase este mai mică decît cea a rezistoarelor cu straturi subțiri;

— Dielectricii condensatoarelor și ale straturilor pentru treceri suprapuse în încrucișările a două sau a mai multor trasee conductoare se realizează din *sticle necristalizate* care nu-și modifică structura în procesul de ardere chiar la temperaturi ridicate. Straturile dielectrice se realizează din două imprimări succesive, pentru ca eventualele goluri din prima imprimare să fie umplute prin cea de a doua imprimare. Se obțin valori mici de capacități, 100 ... 200 pF/cm^2. Ca dielectric cu constantă ε mai mare se folosește titanatul de bariu cu adausuri speciale; valorile de capacități astfel realizate sînt de aproximativ 10 nF/cm^2 și sînt dependente de temperatură și umiditate. De aceea, se preferă utilizarea condensatoarelor ceramice multistrat ca elemente discrete.

— Glazurile de protecție cu coeficient de dilatare apropiat de cel al materialului substratului sînt obținute din *sticlă ușor fuzibilă, cu adaus de ceramică din substrat.*

Procesul tehnologic constă în următoarele etape:

— pregătirea suprafețelor substratului;

— pregătirea pastelor de depunere;

— imprimarea pastelor pe substrat se realizează prin procedeul sitei serigrafice din fire de oțel inoxidabil cu o desime între 40 și 160 fire/cm. Rezoluția imprimării depinde de rezoluția imaginii pe sită. Procedeul fotografic de impresionare directă a emulsiei depusă pe sită este ilustrat în fig. 110, *a*. Procedeul fotografic de realizare indirectă a imaginii pe sită este mai precis și este prezentat în fig. 110,*b*. În acest caz se expune emulsia fotografică depusă pe o folie din material plastic, apoi imaginea este transpusă pe sita serigrafică.

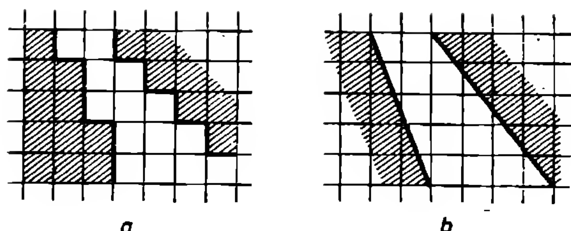


Fig. 110. Procedeul direct (a) și procedeul indirect (b) de realizare a imaginii pe sita serigrafică.

Procedeul indirect de realizare a imaginii foto pe sită permite mărirea rezoluției și preciziei imprimării straturilor groase. Lățimea minimă a traseelor imprimate este de 100 μm.

— uscarea pentru îndepărtarea lentă a solventului are loc la o temperatură între 80 — 125°C timp de aproximativ 15 minute;

— arderea straturilor are loc în aer în cuptoare cu bandă transportoare, în care temperatura maximă atinge 1000°C. Imprimarea, uscarea și arderea se repetă succesiv pentru straturile depuse de trasee conductoare, de condensatoare și rezistoare.

— măsurarea și ajustarea valorilor rezistenței rezistoarelor;

— glazurarea rezistoarelor;

— îngroșarea traseelor conductoare;

— atașarea componentelor discrete și a terminalelor;

— ajustarea funcțională;

— încapsularea;

— controlul final și marcarea.

Tehnologia straturilor groase este utilizată în special pentru circuite care lucrează la o frecvență sub 1 GHz, avînd avantajele unei tehnologii simple cu preț redus.

4.2.3. TEHNOLOGIA CIRCUITELOR MULTISTRAT

Este foarte dificil să se realizeze legături la circuite integrate cu 14, 16, 18, 22, 24, 28, 36, 40 și chiar 50 terminale, folosind numai o față sau ambele fețe ale substratului de circuit imprimat sau o față a substratului de circuit hibrid. De multe ori se fac punți de trecere peste unul sau mai multe trasee conductoare, ceea ce micșorează fiabilitatea și îngreuiază procesul de fabricație, sau se fac depuneri succesive conductor-dielectric prin tehnologia circuitelor hibride. Soluția modernă care rezolvă această problemă, este să se folosească circuite multistrat, care au trecut de la aparatura din aviație și aerospațiale, unde reducerea volumului este vitală, la aparatura profesională.

Circuitele hibride multistrat sau multinivel constau din straturi conductoare suprapuse și izolate între ele prin straturi dielectrice conectate între ele prin canale metalice subțiri. Din considerente tehnologice, numai circuitele cu straturi groase pot fi multistrat [39]. Există două **procedee de suprapunere a multistraturilor ceramice**: metoda depunerii și arderii secvențiale și metoda arderii simultane.

Prin *metoda depunerii secvențiale* s-au realizat circuite hibride multistrat avînd pînă la 15 straturi conductoare suprapuse, dar cele mai uzuale circuite

fabricate pe scară largă au 2 pînă la 6 straturi. Dezavantajul procedeului constă în aceea că procesul necesită mai multe etape, tipic trei ecranări succesive pentru realizarea unui strat conductor; în plus, cernelurile dielectrice și cernelurile conductive nu sînt compatibile, dar cîteva firme producătoare de cerneluri sînt pe cale să rezolve această problemă. Totuși, nu este încă posibil să se depună rezistoare prin tehnologia circuitelor hibride multistrat.

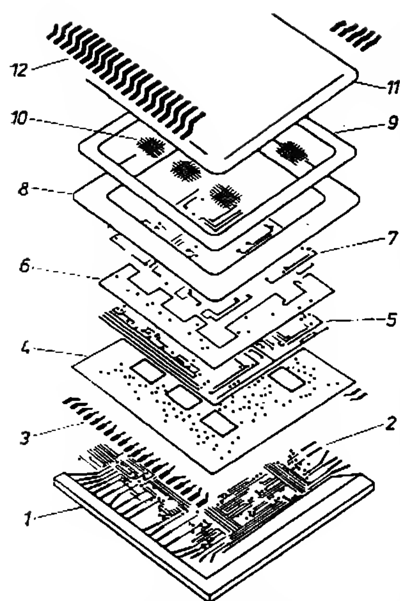


Fig. 111. Etapele tehnologice de realizare a unui circuit hibrid multistrat prin metoda depunerii și arderii secvențiale:

1 — substrat; *2* — depunere conductoare nr. 1; *3* — terminații (conexiuni de ieșire); *4* — depunere dielectrică nr. 1; *5* — depunere conductoare nr. 2; *6* — depunere dielectrică nr. 2; *7* — depunere conductoare nr. 3; *8* — depunere dielectrică nr. 3; *9* — depunere metalică nr. 4; *10* — cipuri MSI (medium scale integration); *11* — capsulă de protecție; *12* — terminale.

Avantajele procedeului de depunere secvențială se bazează pe instalațiile tehnicii hibride, controlul riguros al fiecărei etape, cost redus, timp scurt de la proiectare la fabricare.

Prima etapă a metodei secvențiale constă în depunerea unui strat de cerneală conductivă pe un substrat de alumină și apoi arderea sa. Etapa a doua este depunerea și uscarea unui strat dielectric cu ferestre pentru canalele conductoare subțiri (canale ce interconectează straturile). Această etapă este repetată, iar cele două straturi sînt apoi arse. Un al doilea strat conductiv este depus peste stratul izolator, umplînd canalele subțiri. Acest strat este ars, iar procesul se repetă de cîte ori este cerut pentru realizarea tuturor interconexiunilor circuitului ce trebuie realizat. Figura 111 ilustrează etapele de fabricare a unui circuit hibrid multistrat cu patru straturi groase prin metoda ecranării și arderii secvențiale.

Metoda arderii simultane se bazează pe folosirea benzilor ceramice netratate (nearse). Procedeul este utilizat pentru fabricarea circuitelor integrate pe scară largă (LSI = large scale integration) și a circuitelor hibride pe substraturi ceramice. Metalizarea, tipică de tungsten sau molibden, este depusă pe banda ceramică și interconectată prin canale conductoare subțiri. Straturile depuse și suprapuse sînt apoi laminate împreună și apoi arse într-un cuptor cu atmosferă de hidrogen la 1 600°C. Acest proces formează o structură monolitică, la care se văd numai canalele conductoare subțiri pe suprafețele inferioară și superioară. Urmează ca apoi să se depună prin evaporare sau pulverizare cîte un strat subțire pe suprafețele inferioară și superioară, care sînt apoi corodate conform cu interconexiunile și traseele necesare circuitului de realizat.

Printre avantajele procesului de ardere simultană, se pot enumera: utilizarea unei structuri monolitice în întregime ceramice fără interfață de sticlă, durabilitate, stabilitate cu temperatura, conductibilitate termică ridicată și densitate mare de circuit, deoarece nu există o limitare a numărului de straturi care pot fi suprapuse prin această tehnologie.

Un dezavantaj mare al procedeului îl constituie echipamentul de fabricație costisitor necesar și timpul lung de elaborare a unui circuit (între 12 și 20 săptămîni, în funcție de complexitate). Firme care produc circuite multistrat prin ardere simultană sînt Electronic Products Division (Minnesota), Ceramic Systems (San Diego), Raytheon Industrial Components Operation (Massachusetts), Electr-Optical Data Systems Group (Hughes Aircraft Co.- California).

Pentru circuite de mare complexitate s-a dezvoltat tehnologia circuitelor multistrat neceramice, care utilizează pentru straturile izolatoare poliimide (Pactel Corp. — California).

Procesul tehnologic pornește de la un suport conductiv temporar suprafinisat. Se depune, apoi, fotorezist, care este expus prin clișeu cu traseele conductoare și canalele conductoare vericale subțiri dorite. Urmează o depunere de strat conductor (uzual aur, nichel sau cupru) și apoi un strat izolator din poliimidă, care acoperă traseele conductoare, dar nu și canalele conductoare verticale subțiri. Poliimida este desprinsă, apoi, de pe suport, iar procesul este repetat pentru realizarea altor straturi. Straturile sînt apoi laminate pe un substrat din aluminiu, care oferă rezistență mecanică și în același timp și caracteristica de transfer al căldurii. Folosindu-se această tehnologie, se fabrică circuite multistrat cu cinci straturi cu o rezoluție la fel de bună ca cea obținută prin tehnologia straturilor subțiri. Nu există limitări asupra dimensiunilor substratului și se poate utiliza orice metodă de atașare a cipurilor, datorită proprietăților termice ale acestui multistrat, care are radiatorul termic încorporat.

Avantajele multistraturilor neceramice sînt: prețul de cost scăzut, densitatea mare de componente ce pot fi interconectate și rezistența la șocuri și vibrații. Prin tehnologia multistraturilor neceramice se obține densitate maximă de componente și rezistența mecanică cea mai mare față de cele ale circuitelor realizate prin oricare altă tehnologie.

4.3. VERIFICĂRI ÎNAINTE DE ÎNCHEIEREA PROIECTĂRII

Examinarea critică a fiecărei proiectări înainte de finalizare minimalizează eventualele scăpări din proiectarea electrică (schemă) și constructivă (transpunerea practică a schemei de principiu). Este de dorit ca o astfel de examinare critică să se facă înainte de finalizarea fiecărei faze de introducere a unui produs nou pe bază de concepție proprie în fabricație. Nu se poate da o rețetă atotcuprinzătoare după care, examinat, un proiect să ducă la un succes sigur. Dar se poate da, totuși, o linie generală asupra verificării unui proiect înainte de a fi finalizat [40].

a. **Aspecte generale**

— calculele să fie făcute după relații corecte;

— să fie considerate în proiectare: consumul de putere (randamentul), greutatea și gabaritul, costul, timpul mediu dintre defectări succesive, timpul mediu de reparație;

— să fie gîndite eventuale modificări ce ar putea fi aduse mai tîrziu (de exemplu, spații suplimentare pe cablajul imprimat, pini liberi etc.);

— verificarea subansamblului (modulului) să se execute ușor; să fie proiectat echipamentul de testare. Personalul care ar urma să realizeze testarea să verifice proiectul pentru a aduce modificări, dată fiind experiența în această privință a personalului respectiv;

— să se utilizeze pe cît posibil subansambluri funcționale tipizate disponibile și de la alte întreprinderi (eventual standardizate) și care sînt utilizate și la alte aparate fabricate în întreprinderea respectivă;

— aparatul să nu conțină comenzi simultane și contradictorii;

— subansamblurile funcționale să se scoată și să se înlocuiască cu ușurință;

— defectarea unui modul (subansamblu funcțional) să nu ducă la defectarea în lanț și a altor subansambluri funcționale (de exemplu defectarea sursei de alimentare să nu ducă la defectarea altor circuite);

— interconexiunile să fie verificate să nu cedeze accidental prin construcție și să fie înlăturată posibilitatea inversării conexiunilor.

b. **Costul**

— să nu existe părți speciale (transformatoare proiectate special pentru acest aparat, rezistențe bobinate special, amplificatoare operaționale cu specificații deosebite, rezistențe sortate etc.), ci să se folosească astfel de scheme electronice în proiectare, încît să fie necesare piese și subansambluri ieftine și fără pretenții peste tot unde este posibil;

— să existe o varietate minimă de piese, componente și subansambluri;

— modulele să fie ușor de montat, testat și depanat;

— să se folosească componente cu prețuri în continuă scădere (circuite integrate, LED-uri, ROM etc.);

— să se folosească componente și subansambluri scumpe, cu caracteristici deosebite din ofertele cele mai convenabile;

— să se elimine pe cît posibil cablajul manual și să se utilizeze cablaje imprimate și conectoare, lipirea în baie.

c. **Etaje de amplificare**

— intrările și ieșirile să fie pe cît posibil separate (fizic și electric);

— sursele de alimentare să fie decuplate cît mai aproape de circuitele de înaltă frecvență pentru amplificatoarele de bandă largă, iar fiecare circuit să aibă decuplarea sa proprie (un condensator electrolitic calculat pentru cea mai joasă frecvență din bandă și un condensator plachetă-ceramic — care să scurtcircuiteze inductanța parazită a condensatorului electrolitic, fig. 112);

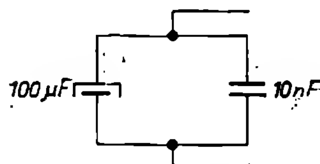


Fig. 112. Șuntarea inductanței parazite a condensatorului electrolitic cu un condensator ceramic plachetă.

— timpul de revenire al amplificatorului la funcționarea liniară, atunci cînd apare o limitare în saturație sau tăiere, să fie cît mai scurt posibil (eventual realizarea unor circuite speciale de descărcare a condensatoarelor);

— trebuie înlăturate distorsiunile date de benzile laterale prin intrarea în neliniarități;

— trebuie considerate tensiunile și curenții reziduali, de asemenea tensiunile și curenții de polarizare ale amplificatoarelor operaționale.

d. **Condensatoarele din aparat**

— curenții de impuls să se găsească în limitele curenților maximi ai condensatorului, adică componentele asociate din circuit să preia cu siguranță aceste șocuri de curent;

— să lucreze la ceva mai mult de jumătate din tensiunea nominală pentru a mări timpul între două defectări succesive;

— condensatoarele electrolitice să fie decuplate pentru frecvențele înalte de condensatoare de valoare mică, neinductive, cu dielectric solid;

— să fie utilizate condensatoare de capacități mari pentru decuplarea rezistențelor ce nu sînt necesare în c.a. (adică să nu introducă poli în banda de frecvență);

— să lucreze în limitele de temperatură indicate de fabricant pentru fiecare tip de condensator.

e. **Interconexiunile**

— să se utilizeze legături tipizate și cu sistem de pini numerotați;

— legăturile de putere să fie bine identificate și separate de legăturile puternic zgomotoase;

— conductoarele (firele de conexiune) de legătură să fie astfel poziționate încît să nu afecteze (de exemplu, prin mișcarea lor) performanțele montajului; să se facă protecția cablelor la culegerea zgomotului;

— să se facă adaptare între sarcini și surse;

— defectarea sau deconectarea uneia sau mai multor surse de putere să nu provoace defectarea unei părți sau a întregului aparat;

— dacă este necesară o succesiune specială pentru aplicarea sau deconectarea surselor de alimentare, să se realizeze aceasta prin construcție.

f. **Dispozitive semiconductoare**

— să fie luate în considerare efectele creșterii tensiunilor și curenților tiristorilor;

— tranzistoarele să lucreze sub 80% din U_{CE} și U_{BE}; să se facă considerațiile limitării de putere; să fie tratate ca atare sarcinile capacitive și inductive;

— rezistența termică a radiatorului față de mediul ambiant să fie suficient de mică (se folosesc rășini pentru mărirea termoconductibilității, garnituri de cupru sau plumb, sau poziționarea verticală a radiatorului, canalele radiatorului să coincidă cu direcția de ventilație, folosirea unui radiator negru, dar nu vopsit etc.);

— tranzistoarele perechi să fie utilizate peste tot unde este posibil, dar să fie suficient de bine cuplate termic;

— să se folosească circuite integrate cu mai multe tranzistoare separate; prin aceasta se reduce prețul de cost pe tranzistor și se simplifică cablajul imprimat.

g. **Bobine și transformatoare**

— bobina sau transformatorul să suporte cea mai mare tensiune din circuit și cea mai joasă frecvență fără să intre în saturație;

— componenta de curent continuu să fie suportată, iar nivelul să fie suficient de mare pentru a evita saturația și reducerea corespunzătoare a inductanței (întrefier);

— să se prevadă protecția contra salturilor rezultate din căderea bruscă a rețelei;

— să se ia în considerație efectele așezării componentelor din punct de vedere termic şi magnetic în blocurile funcționale și în ansamblu;

— trebuie asigurată disiparea pierderilor în miez și pierderilor în cupru în cazul cel mai defavorabil;

— să fie prevăzute prize pentru impedanțe și tensiuni.

h. **Rezistoare**

— toate rezistoarele să lucreze sub 75% din puterea maximă pentru a mări fiabilitatea aparatului;

— în circuitele de înaltă frecvență și în circuitele de comutație să se utilizeze rezistoare neinductive;

— să fie considerate pentru fiecare circuit în parte necesitățile pentru precizia, stabilitatea, liniaritatea și zgomotul rezistoarelor.

i. **Zgomot**

— dacă sînt critice pozițiile componentelor și ale cablurilor sensibile fixate rigid, să se aleagă soluțiile optime;

— să se decupleze în radiofrecvență fiecare subansamblu funcțional;

— pentru semnale de nivel mic să se utilizeze conexiuni de alimentare și recepție ecranate;

— terminalele de curent mare, producătoare de zgomot să fie izolate și ecranate față de circuitele de semnal;

— pentru semnale critice să se ia în considerație și să se aplice adecvat metoda modului comun de rejecție a zgomotului. Conexiunile de semnal mic să fie cît mai scurte posibil;

— punctele de masă să fie unite într-un singur loc (buclă de impedanță mică). Să fie prevăzute conexiuni de masă separate pentru semnale de nivel mic și să fie ținute separat de punctele de masă de curent mare și înaltă frecvență;

— semnalele utilizate pentru comanda de fronturi să fie curate de regimuri tranzitorii;

— să se utilizeze filtre pentru reducerea brumului și a zgomotelor induse de stațiile de radioficare;

— toate firele să aibă secțiunea suficientă pentru a suporta cele mai nefavorabile sarcini.

j. **Testarea**

— punctele de test să fie prevăzute astfel încît să fie accesibile și în ansamblul final;

— punctele de test să poată fi scurtcircuitate la masă fără distrugerea circuitului (introducere de semnal zero);

— punctele de test să fie numerotate și plasate convenabil pentru orice măsurare și ajustare corespunzătoare;

— să se pregătească o specificație de test și o procedură de testare (succesiunea testării).

k. **Componente ajustabile** (semireglabile)

— se impune introducerea în schemă a elementelor ajustabile;
— ajustările trebuie etichetate corespunzător: ajustarea în sensul acelor de ceasornic produce o creştere a mărimii controlate sau deplasează punctul de funcţionare către dreapta în afişările vizuale;
— fiecare ajustaj trebuie să fie independent de celelalte reglaje;
— ajustajele trebuie să fie independente de nivelul tensiunilor de alimentare;
— trebuie să existe o plajă şi o rezoluţie suficient de bune pentru fiecare ajustaj. Opritorul final al elementului ajustabil, trebuie să fie suficient de puternic pentru a rezista la o manevrare prea puternică;
— ajustările trebuie să fie accesibile cînd modulul este montat în ansamblul final. Parametrul ajustat trebuie vizualizat şi controlat din poziţia finală a subansamblului (modulului);
— ajustările din fabrică să fie sigilate şi să fie astfel montate încît să descurajeze tentativele de a se umbla la ele;
— rezistoarele variabile să fie cu cursorul conectat la un capăt, deoarece aceasta previne lăsarea unui terminal în gol dacă contactul de cursor se întrerupe.

l. **Asamblarea**

— cablajele imprimate (conectorii) să fie prevăzute cu cheie pentru prevenirea asamblării inverse;
— conexiunile de alimentare şi de masă să fie indicate pe cablaj; de asemenea, sensul diodelor, polarităţile condensatoarelor, terminalele tranzistoarelor etc;
— să fie etichetaţi pinii conectorilor, ai circuitelor integrate etc.;
— să fie utilizaţi pini tipizaţi pentru alimentare şi masă: să fie alternaţi pini neconectaţi oriunde este posibil, pentru a minimaliza scurtcircuiturile accidentale în timpul măsurătorilor şi reparaţiilor;
— să fie etichetate componentele ajustabile;
— căile de semnal mic să fie cît de scurte posibil;
— componentele şi piesele care se încălzesc să fie înălţate deasupra plăcii de cablaj imprimat pentru răcire şi pentru protecţia cablajului;
— componentele cu capsulă metalică să fie astfel asamblate încît să nu provoace scurtcircuituri accidentale;
— fiecare subansamblu funcţional (modul) să aibă număr de cod şi denumirea în zonă vizibilă;
— cînd aparatul lucrează în mediu coroziv, să se facă asamblarea ermetică (tropicalizată).

m. **Relee**

Releul este dispozitivul care stabileşte sau întrerupe o serie de circuite, prin acţionarea unui număr de contacte care se închid sau se deschid sub acţiunea forţelor exercitate asupra părţii mobile (armătura).

Se folosesc în majoritatea cazurilor relee electromagnetice în care forţa exercitată asupra armăturii este produsă de curentul electric care trece prin bobinaj şi generează fluxul magnetic din întrefierul circuitului magnetic. În ultima vreme se folosesc din ce în ce mai mult releele solide (solid-state).

Releul este un element esenţial în numeroase echipamente electronice de automatizare, de electronică industrială, dispozitive şi instalaţii de calcul

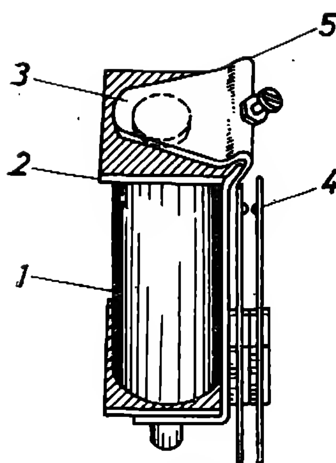


Fig. 113. Construcţia unui releu: 1 — bobină; 2 — piesă polară; 3 — armătură; 4 — contacte; 5 — pivot.

echipamente de telecomunicaţii (fig. 113). Se pot comanda cu ajutorul releelor puteri de la cîteva zecimi de VA pînă la cîteva sute de VA. În funcţie de curentul de acţionare, sînt relee de c.c. şi relee de c.a. În funcţie de timpul de acţionare sînt relee normale, relee rapide şi relee temporizate. Contactele sînt partea esenţială a releelor; se realizează lamele din argentan, neusilber şi aliaj de cupru, nichel, zinc. Ele se fac sub formă cilindrică, sferică sau conică. Lamelele pe care se pun contactele se realizează din Au Ag (1 µV ... 24 V sau 1 µA ... 0,2 A, maxim 5 W), sau din Ag, AgPd, AgNi, AgCd O (6 ... 250 V, 1 mA ... 1 A şi chiar 5 A în ultimul timp, puteri între 30 ... 100 W) şi din tungsten (250 V, 1 A, 250 VA). Forţa de presare dintre lamele este aproximativ 25 ... 30 gf, care se obţine prin forţa de atracţie a armăturii, forţă ce depinde de mărimea întrefierului. În intervalul de comutaţie, curentul are o variaţie bruscă prin contact. Fenomenul de deschidere a contactului unui releu este prezentat în fig. 114. Pentru ca să nu se deterioreze contactul la această

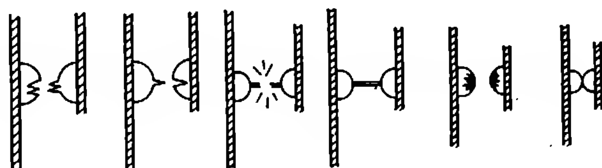


Fig. 114. Fenomenul de deschidere a contactului unui releu.

variaţie bruscă a curentului, se conectează în paralel pe contacte un condensator în serie cu o rezistenţă (fig. 115) pentru protecţia contactelor, adică se limitează curentul la o valoare maxim admisibilă. Aceasta asigură protecţia contactelor împotriva arderii sau îmbătrînirii premature.

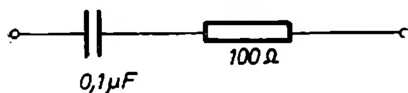


Fig. 115. Circuit de protecţie în paralel cu cele două contacte ale unui releu.

Măsuri de precauţie ce trebuie luate sînt:

— bobina releului să fie protejată contra vîrfurilor de tensiune; protecţia să nu mărească prea mult timpul de răspuns;

— să se ia în consideraţie în calculele circuitelor electronice care utilizează relee, timpii de lucru, de anclanşare şi de desfacere a contactelor;

— atunci cînd este necesară suprimarea scînteii, să se testeze eficacitatea acestei suprimări;

— contactele să nu fie proiectate numai pentru sarcina nominală; în circuitele „uscate" să se utilizeze contacte adecvate; să se utilizeze relee electronice (solid-state);

— circuitul și timpii de contact să fie bine studiați în vederea eliminării căilor parazite și a încrucișării momentane a contactelor;

— să se ia în considerație factorul de umplere la bobina releului.

n. **Temperatura**

— să fie curent de aer suficient pentru răcire; răcirea să se poată realiza și cînd sertarele sînt trase în afară; curentul de aer de răcire să nu poată fi împiedicat prin neglijența operatorului (de exemplu, prin punerea unor obiecte pe aparat); creșterea temperaturii se poate calcula cu relația:

$$\theta = \frac{60{,}03 \times \text{puterea disipată (W)}}{\text{debitul de aer (m}^3\text{/min)}}; \quad [^\circ C]$$

— să fie verificate performanțele sistemului de răcire;

— personalul de deservire a aparatului să fie protejat de contactul cu punctele calde termic;

— componentele sensibile la temperatură (tranzistoare, condensatoare) să fie protejate și ținute la distanță față de sursele de căldură;

— cablajele imprimate și alte materiale, care își modifică ușor parametrii cu temperatura, să fie protejate de contactul cu părțile calde din punct de vedere termic;

— în ansamblul final componentele să fie suficient răcite;

— să se verifice puterea disipată în cazul cel mai defavorabil (de exemplu, să se verifice stabilizatorul regulator cu diodă Zener cu sarcina scoasă etc.).

Capitolul 5

TEHNOLOGIA DE CONSTRUCȚIE ȘI FABRICAȚIE A SUBANSAMBLURILOR FUNCȚIONALE ELECTROACUSTICE

Subansamblurile funcționale sau traductoarele electroacustice sînt subansambluri funcționale care transformă energia acustică în energie electrică și invers. De exemplu, microfonul are semnalul de intrare semnal acustic, iar semnalul de ieșire semnal electric.

Subansamblurile funcționale electroacustice se clasifică după felul energiei cu care operează în [41]:

— traductoare electroacustice (energie electrică ⇆ energie acustică), care cuprind:

- — microfoane;
- — capsule receptoare telefonice;
- — difuzoare;

— traductoare electromecanice (energie electrică ⇆ energie mecanică), care cuprind:

- — capete de redare (lectură);
- — gravor de disc.

5.1. MICROFOANE

Microfonul este subansamblul funcțional ce traduce undele acustice (vibrațiile mecanice ale aerului sau altor medii) în oscilații electrice.

Sensibilitatea sau eficacitatea unui microfon pentru o frecvență dată reprezintă raportul dintre tensiunea alternativă obținută la bornele de ieșire și presiunea acustică corespunzătoare aplicată pe microfon (membrană). Definiția este valabilă pentru o tensiune de ieșire măsurată în circuit deschis și pentru unde sonore care se propagă după axa microfonului. Pentru a putea compara diferitele tipuri de microfoane se consideră un nivel de referință.

Nivelul de referință (O dB) se alege nivelul ce corespunde unei tensiuni de ieșire de 1 V pentru o presiune acustică de 0,1 pascali (sau puterea acustică de 1 $\mu W/cm^2$ la 1 000 Hz):

$$S[dB] = 20 \log U\ [V].$$

Calculul sensibilității se face plecînd de la puterea electrică de ieșire, puterea corespunzătoare nivelului de referință definit fiind de 0,006 W. Deci, sensibilitatea unui microfon se calculează cu relația:

$$S = 10 \log \frac{P}{0{,}006}$$

unde P este puterea de ieșire [W];

S — sensibilitatea [dB].

Sensibilitatea microfoanelor de diferite tipuri este cuprinsă între —100 dB și —25 dB.

Din punct de vedere acustic, microfoanele se clasifică în:

— *microfoane de presiune,* la care mișcarea membranei este practic nulă, iar presiunea care există pe membrană determină funcționarea;

— *microfoane de viteză,* la care membrana liberă pe cele două fețe se deplasează teoretic cu viteza egală cu cea a moleculelor de aer;

Din punctul de vedere al directivității, microfoanele se clasifică în:

— *omnidirecționale,* la care răspunsul microfonului este practic independent de direcția undelor acustice (este cazul microfoanelor de presiune pentru frecvențe sub 800 Hz) (fig. 116,*a*);

— *semidirecționale,* la care răspunsul este practic independent de direcția undei acustice incidente în unghiul solid 2 π (se obține la microfoane combinate, de exemplu, curba de tip cardioidă, ce are ecuația polară $e = e_0\,(1 + \cos\theta)$, (fig. 116, *d*);

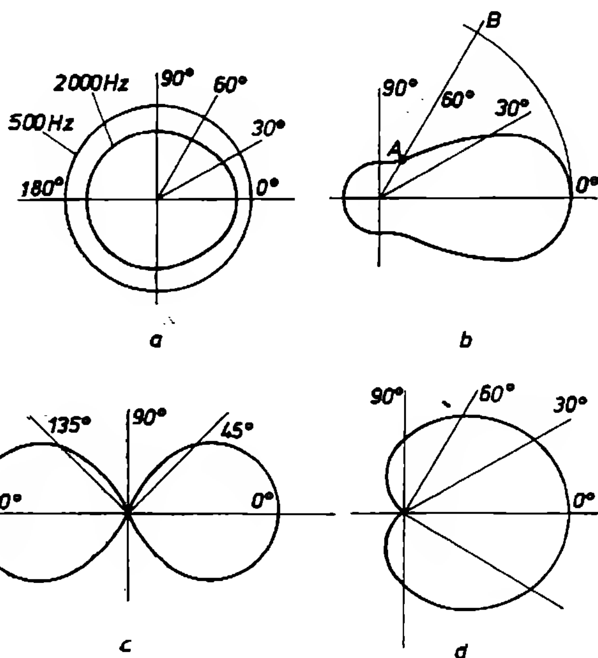


Fig. 116. Caracteristica de directivitate a microfoanelor:

a — omnidirecțional; *b* — unidirecțional; *c* — bidirecțional; *d* — cardioid.

— *unidirecționale:* microfon direcțional, al cărui răspuns prezintă un maxim accentuat în direcția undelor acustice incidente (microfoane de presiune pentru frecvențe peste cîteva mii de Hz, fig. 116,*b*);

— *bidirecționale:* microfon direcțional, al cărui răspuns prezintă un maxim accentuat pe două direcții, în general opuse, ale undelor acustice incidente (microfoanele de viteză, fig. 116,*c*).

— **Din punct de vedere funcțional,** microfoanele se clasifică în:

— *microfoane pasive,* care se introduc în circuit ca element variabil;
— *microfoane active,* care funcționează ca generatoare:
- — microfon cu cărbune;
- — microfon electrostatic (condensator);
- — microfon cu electret;
- — microfon piezoelectric;
- — microfon electromagnetic;
- — microfon electrodinamic (cu bobină mobilă; cu bandă);
- — microfoane speciale:
  - — microfon cu magnetostricțiune;
  - — microfon electronic: variază fluxul electronic într-un tub cu vid, cînd se deplasează unul din electrozi;
  - — microfon ionic: variații de impedanță într-un volum de aer ionizat;
  - — microfon termic: variații ale rezistenței unui fir conductor produse de variații ale temperaturii sub efectul undelor acustice;

— **Din punctul de vedere al utilizării,** microfoanele se clasifică în:

— microfon de gură sau de apropiere;

— microfon labial care este construit pentru a fi plasat pe buzele vorbitorului;

— laringofon care este plasat pe gîtul vorbitorului și funcționează sub efectul mișcărilor laringelui. Nu este sensibil la vibrații ale aerului, ci la vibrațiile mecanice ale pielii gîtului. Laringofonul permite să se telefoneze în condiții în care zgomotul de fond este foarte mare (cabine de avion, șantiere de construcții, hale de întreprinderi etc.);

— microfon sondă care permite explorarea unui cîmp acustic fără a-l perturba sensibil (localizarea unor zgomote anormale în medii greu accesibile: motoare, turbine, organism uman etc.).

5.1.1. MICROFONUL CU CĂRBUNE

Microfoanele cu cărbune au principiul de funcționare bazat pe variația rezistenței de contact a granulelor de cărbune în funcție de presiunea acustică exercitată asupra acestora.

Avantajele microfoanelor cu cărbune față de alte tipuri sînt: sensibilitatea este între —45 dB și —35 dB; nu necesită preamplificator deoarece se obține un semnal direct de la microfon de 0,1 V (2 ... 3 V la ieșirea unui transformator de 100 kΩ); sînt microfoane robuste și ieftine.

Dezavantajele acestor microfoane sînt: zgomotul de fond este foarte neregulat din cauza contactelor întîmplătoare între granulele de carbon, fidelitatea

este slabă; caracteristica de răspuns în frecvență a unui microfon cu cărbune este prezentată în fig. 117, *a*. Fidelitatea poate fi crescută în detrimentul sensibilității. Se construiesc tipuri care au fidelitate mai mare (microfon cu efect dublu și microfon cu curenți transversali). Majoritatea tipurilor constructive prezintă o directivitate destul de netă la frecvențe ridicate (fig. 117,*b*),

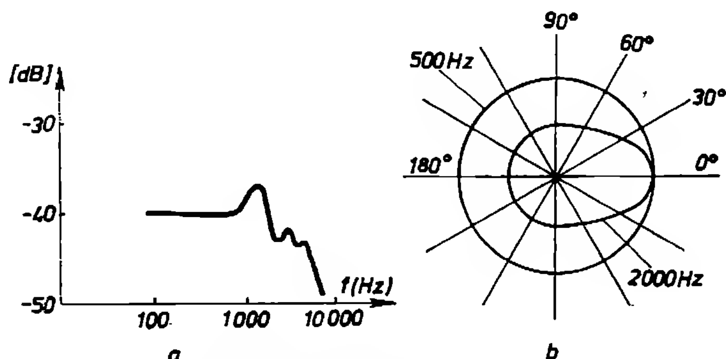


Fig. 117. Caracteristica de răspuns (*a*) și diagrama de directivitate (*b*) a unui microfon cu cărbune.

care provoacă distorsiuni ce modifică tonalitatea. Microfoanele cu cărbune necesită sursă de alimentare auxiliară și sînt sensibile la umiditate.

Date fiind dezavantajele pe care le prezintă microfoanele cu cărbune, se utilizează numai la transmisia vorbei (telefonie), iar pentru sensibilitate bună, se folosesc în relee de telemecanică și pentru proteze auditive.

Construcția microfoanelor cu cărbune. În fig. 118 se prezintă un tip constructiv de microfon cu cărbune. Între membrana, care reprezintă unul din

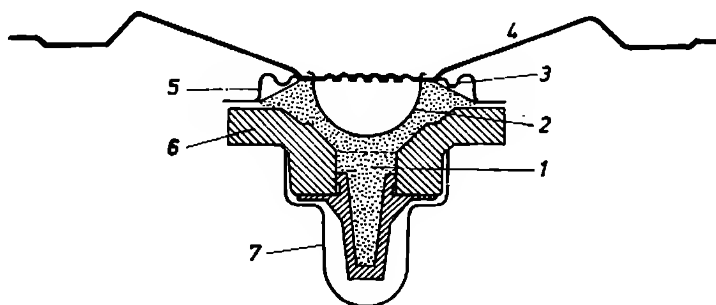


Fig. 118. Construcția unui microfon cu cărbune:
1 — granule de cărbune; *2* — electrodul membranei; *3* — etanșare din mătase; *4* — membrană; *5* — etanșare din plastic; *6* — electrod de cărbune; *7* — piesă de contact.

electrozi și electrodul de cărbune, ce face legătură electrică cu piesa de contact, se găsesc granulele de cărbune. Membrana este protejată de un capac cu perforații prin care pătrunde energia sonoră la membrană, iar microfonul este introdus în cutia microfonului.

Tehnologia de fabricație a microfonului cu cărbune cuprinde următoarele faze:

1. Se realizează membrana microfonului din bandă de aluminiu-magneziu de 80 μm grosime:

— se decupează conturul exterior cu un diametru mai mare cu 3 ... 4 mm decît dimensiunea finală;

— se perforează gaura interioară;

— se supune la tratament termic în cuptor 520°C, aproximativ 20 min. cu răcire lentă; operația se face simultan la 1 000 membrane;

— se ambutisează pentru formarea gulerului membranei într-o sculă bine șlefuită cu coloane de ghidare;

— se decupează conturul exterior la cota finală;

— se supune la tratament termic la 150°C, aproximativ 60 min pentru eliminarea eventualelor ondulații rezultate de la ștanțare.

2. Se formează granulele de cărbune plecînd de la grafit sau carbon vegetal. Granulele de grafit se obțin din antracit ars în condiții termice precise. Se tratează apoi cu acid clorhidric pentru a reduce zgura. Materia obținută este pusă în cîmp magnetic pentru a se extrage particulele magnetice. Granulele sînt apoi sortate după diametru, prin trecerea succesivă prin site.

3. Se dozează praful de cărbune. Capsulele microfoanelor cu cărbune conțin între 3 000 și 50 000 granule de diametre Φ 0,3—0,4 mm. Cu un dozator se măsoară rezistența volumetrică și gradul de modulație pentru a se obține o fabricație corectă cu o dispersie cît mai mică a caracteristicilor microfoanelor. Dozatorul este format dintr-un electrod fix și un electrod vibrant cuplat la un generator de oscilații mecanice (0,1 μm amplitudine și 500 Hz). Cei doi electrozi sînt alimentați în curent continuu (0,2 V); se măsoară tensiunea alternativă rezultată din cauza modificării rezistenței electrice pe care o introduc granulele de cărbune din dozator în circuit. Gradul de modulație este $U_{alternativ}/U_{continuu}$ (fig. 119);

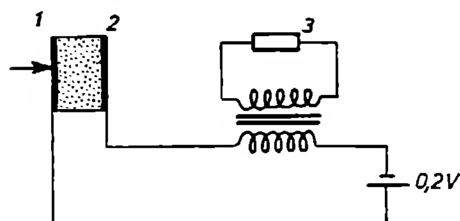


Fig. 119. Măsurarea rezistenței de volum și a gradului de modulație a granulelor de cărbune: *1* — electrod vibrant; *2* — electrod fix; *3* — rezistență de sarcină.

4. Se asamblează microfonul: pentru a obține o reproductibilitate cît mai bună a caracteristicilor microfoanelor cu cărbune, la asamblare o atenție deosebită se dă păstrării unui spațiu constant între electrozi (1,5 mm), fixării corecte a membranei în lăcaș. Urmează apoi fixarea pieselor de etanșare și a capacului.

5. Se face controlul bucată cu bucată.

În fig. 120 se dau diferite variante constructive de microfoane cu cărbune.

Microfonul cu granule (fig. 120,*a*) are membrana de grafit care se sprijină pe bilele sferice turnate din cărbune vegetal sau mineral. Forma și caracte-

risticile granulelor determină calitățile microfonului. Utilizînd granule de diametre diferite se poate evita rezonanța în banda de frecvență utilă.

Microfonul cu capsulă (fig. 120,*b*) prezintă avantajul față de cel din fig.120,*a* că granulele de cărbune sînt închise într-o capsulă ce poate fi înlocuită. Este un microfon sensibil deoarece are granule foarte fine. Membrana de aluminiu transmite vibrațiile în partea centrală la o rondelă de mică sau mătase care se sprijină pe granulele capsulei. Membrana de aluminiu de 7 μm grosime este conică cu ondulații circulare, pentru a îmbunătăți răspunsul la frecvențe înalte și a reduce rezonanțele proprii.

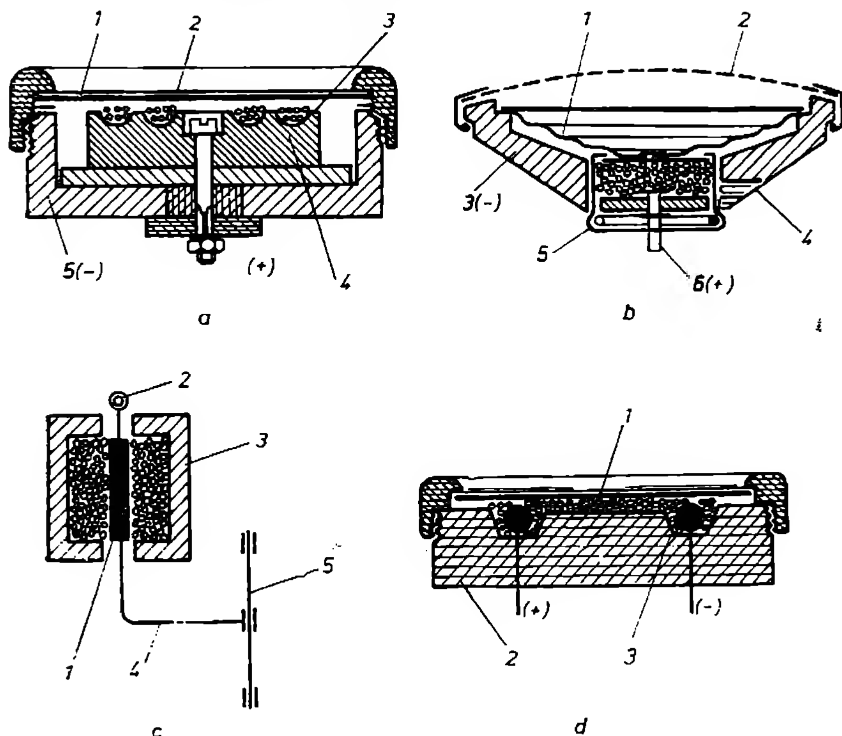


Fig. 120. Tipuri constructive de microfoane cu cărbune:

a — microfon cu granule: *1* — membrană de grafit; *2* — mică protectoare; *3* — cărbune; *4* — soclu grafit; *5* — cutie; *b* — microfon cu capsulă: *1* — membrană aluminiu; *2* — capac protector; *3* — cutie; *4* — șurub de blocare a capacului; *5* — inel, *6* — bornă; *c* — microfon cu efect dublu (push-pull): *1* — membrană grafit; *2* — pivot; *3* — capsulă; *4* — pîrghie; *5* — membrană; *d* — microfon cu curenți transversali:

1 — membrană din mică; *2* — soclu marmoră; *3* — electrod carbon.

Microfonul cu efect dublu (push-pull, fig. 120, *c*) are cele două secțiuni de o parte și de cealaltă a membranei care lucrează în opoziție.

În fig. 120,d se prezintă un tip constructiv de microfon cu curenți transversali. Granulele de cărbune sînt în strat subțire între membrana de mică și un soclu de marmură. În tipurile constructive paralelipipedice, curentul transversal circulă între doi electrozi paraleli, iar în tipurile constructive circulare, curentul transversal circulă între doi sau mai mulți electrozi concentrici. Caracteristica de frecvență este liniară pînă la 10 000 Hz.

Pentru construcția de subansambluri funcționale electroacustice se folosește aplicarea fenomenului de polarizare provocat în anumite cristale, de către eforturile mecanice. Cuarțul are o constantă piezoelectrică $K = -2{,}3 \cdot 10^{-12}$ Coulomb/Newton. În tabelul 22 sînt prezentate și alte cristale și ceramice piezoelectrice.

Tabelul 22

Principalele materiale piezoelectrice utilizate

Denumirea chimică	Denumire comercială	Constanta piezoelectrică [C/N]	Temperatura max [°C]	Umiditate
Bitartrat dublu de sodiu și potasiu	Sare Seignette	$+2\,700 \cdot 10^{-12}$	+50	Sensibil
Fosfat dihidrogenat de amoniu (ADP)	P.N.	$+33 \cdot 10^{-12}$	+100	Sensibil
Titanat de bariu	Tibalit	$+152 \cdot 10^{-12}$	70	Nesensibil

Bitartratul dublu de Na și K se obține prin descompunerea tartratului de potasiu de către bicarbonatul de sodiu. Din soluția rezultată se creează germeni de cristale prin evaporarea unei soluții de bitartrat foarte concentrată. Germenii sînt apoi introduși în soluție de sare Seignette menținută la 30—40°C timp de 1—2 zile pentru formarea cristalelor. Pentru reducerea vitezei de cristalizare pe suprafața soluției de bitartrat se pune un strat de ulei de 1—2 mm grosime. Cristalele trase din soluție sînt ținute 12 ore în alcool de 90°, apoi uscate repede și acoperite cu lac. Din cristal se taie, apoi lame paralelipipedice din care se fac elementele bimorfe. Elementele bimorfe sînt lamele asociate perechi pentru a reduce sensibilitatea la variații de temperatură (fig. 121). Electrozii sînt din argint și culeg sarcinile electrice de pe fiecare față a lamelelor. Fiind sensibile la umiditate, elementele bimorfe sînt protejate cu folie de mică sau material plastic. Elementele bimorfe pot fi supuse unui efort de torsionare sau unui efort de flexiune. Ordinul de mărime al dimensiunilor cristalelor pentru microfoane este: 0,15 mm, grosimea unui cristal, grosimea totală aproximativ 0,5 mm, suprafața 1 ... 4 cm².

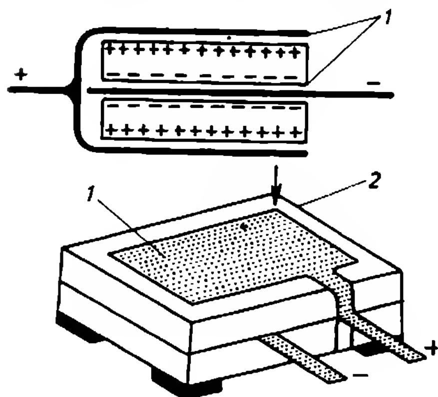


Fig. 121. Elemente bimorfe piezoelectrice:
1 — electrod argint; *2* — efort aplicat.

Se construiesc microfoane piezoelectrice fără membrană și microfoane piezoelectrice cu membrană. Sensibilitatea pentru diferitele tipuri constructive este între — 45 dB ... — 75 dB. Se realizează microfoane piezoelectrice cu celule multiple la care sensibilitatea este mult mai mare. Tensiunea ce se obține este între 0,03 V/10 MΩ... 0,15 V/5 MΩ. Caracteristica de frecvență și diagrama de directivitate sînt date în fig. 122.

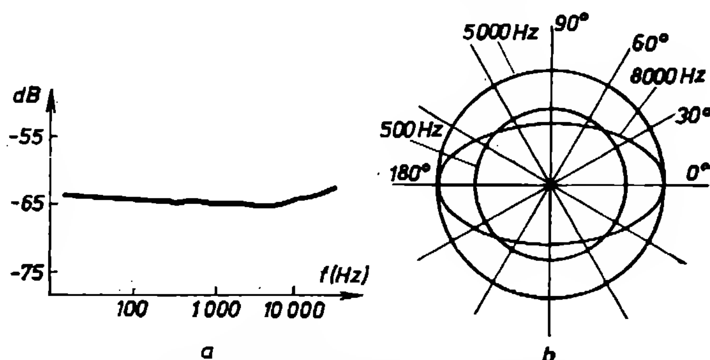


Fig. 122. Caracteristica de răspuns (*a*) și diagrama de directivitate a unui microfon piezoelectric (*b*).

Microfoanele piezoelectrice sînt construite etanșe în casete de cupru cadmiat și bicromatat pentru a împiedica influența umidității asupra cristalului. Membrana microfoanelor cu membrană se face din aluminiu pur.

Microfoanele piezoelectrice sînt *omnidirecționale*, deci sînt capabile să capteze și zgomote care vin din toate direcțiile. Din fig. 122 rezultă că la frecvențe înalte (peste 8 000 Hz) microfoanele piezoelectrice devin ușor directive.

Microfonul piezoelectric se comportă capacitiv; capacitatea echivalentă a microfonului este cuprinsă între 3 000—5 000 pF.

Diferitele tipuri constructive de microfoane piezoelectrice sînt prezentate în fig. 123.

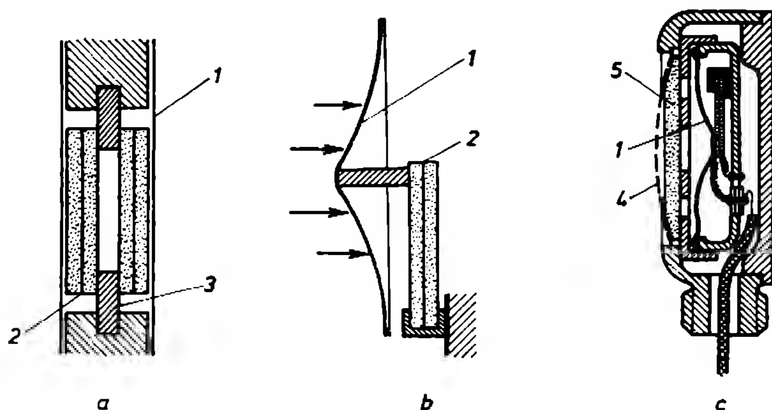


Fig. 123. Microfon piezoelectric fără membrană (*a*) și cu membrană (*b*, *c*):
1 — membrană; *2* — element bimorf; *3* — amortizor cauciuc; *4* — capac protecție; *5* — plastic.

În *microfonul piezoelectric fără membrană* undele sonore acționează direct pe cristal. Cele două elemente bimorfe sînt montate față în față, închizînd un spațiu pe o garnitură izolantă. Conectarea în serie a elementelor bimorfe duce la o tensiune dublă de ieșire, dar și impedanța de ieșire este mare. Conectarea în paralel a elementelor bimorfe dă la ieșire aceeași tensiune ca și pentru un element, dar impedanța de ieșire este redusă la jumătate.

În fig. 123,*b* se prezintă un tip constructiv de *microfon piezoelectric, cu membrană*. Vibrațiile acustice ale membranei sînt transmise elementului bimorf prin intermediul pieselor de contact. Membrana se confecționează din duraluminiu sau din polistiren de 6 μm grosime, preîncălzit și presat într-o sculă încălzită, de formă conică cu ondulații. Randamentul este mai bun decît la microfoanele piezo-electrice fără membrană; membrana transmite vibrațiile acustice ale elementului bimorf printr-o pîrghie care amplifică amplitudinea vibrațiilor. Unul din electrozii elementului bimorf este legat la capsula microfonului, care se realizează dintr-un aliaj ușor, iar celălalt electrod este izolat; ieșirea se face prin cablu coaxial.

Un alt tip constructiv de microfon cu membrană este dat în fig. 123, *c*. Membrana transmite direct elementului bimorf vibrațiile.

Se construiesc microfoane piezoelectrice cu celule multiple, în care se conectează în serie și în paralel mai multe elemente bimorfe astfel ca nivelul semnalului de ieșire să fie ridicat, fără a mări impedanța de ieșire a microfonului (fig. 124). Se pot grupa 4...6 celule prin fir de conexiune de argint sudat la baza suportului. Microfonul este apoi impregnat într-o ceară specială, astfel că rămîne etanș.

Microfonul piezoelectric cu defazaj este un microfon combinat acustic (fig. 125). Este un microfon unidirecțional: cele două membrane sînt sensibile la presiunea undelor acustice. Membrana activă situată în fața microfonului acționează asupra cristalului, cînd cealaltă membrană nu este cuplată la cristal. Dimensiunile capsulei microfonului, adică volumul de aer din microfon, sînt astfel calculate, încît unda ce acționează pe cealaltă parte a membranei

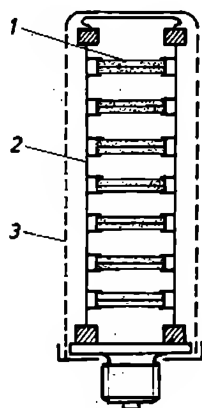
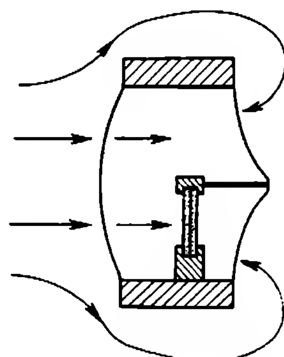


Fig. 124. Microfon cu celule multiple:

1 — celulă piezoelectrică în cadru de bachelită; 2 — tijă suport; 3 — capac de protecție.


Fig. 125. Microfon piezoelectric cu defazaj.

să acționeze cu o întîrziere precisă asupra celei de a doua membrane față de unda ce a acționat direct, unda ce nu a înconjurat microfonul. Undele cu presiuni egale și opuse se anulează. Calculînd corect defazajul, se poate obține o însumare a efectului undei directe cu efectul undei ce a înconjurat microfonul.

Cristalele piezoelectrice fiind sensibile direct la vibrații mecanice, sînt utilizate, în mod deosebit, ca microfoane de contact, aplicate direct pe instrumentele muzicale ce au cutie de rezonanță (vioară, chitară, violoncel etc.), înregistrările făcute astfel nu sînt afectate de zgomote sau efect de microfonie, sau sînt aplicate direct pe gîtul vorbitorului, fiind sensibile la mișcările laringelui. Elementul bimorf este închis într-o cutie din bachelită, amortizorul realizat dintr-o bandă metalică atenuează amplitudinea semnalului de la ieșire la frecvența de rezonanță, care este la aproximativ 1700 Hz.

Laringofoanele (fig. 126) sînt utilizate în condiții de zgomot sonor mare (avioane, mine, șantiere etc).

Alte tipuri constructive de microfoane piezoelectrice sînt *microfoanele sondă* (fig. 127) asemănătoare stetoscoapelor, pentru localizarea zgomotelor

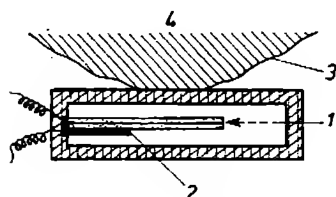


Fig. 126. Laringofon:
1 — element bimorf; 2 — lamelă amortizoare; 3 — piele; 4 — gîtul vorbitorului.

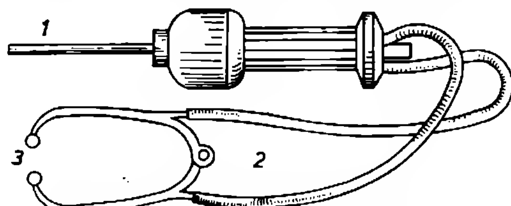


Fig. 127. Sondă microfon piezoelectric:
1 — sondă; 2 — legături flexibile; 3 — stetoscop.

sau vibrațiilor mecanice (studii în laboratoare, mișcări ale fluidelor, control de serie, diagnostic în medicină etc). Se pot realiza cu amplificator electronic sau se pot cupla direct la un difuzor cu cornet acustic pentru redare directă.

Un tip constructiv de microfon cu ceramică piezoelectrică este prezentat în fig. 128.

Microfoanele piezoelectrice cu membrană sînt folosite pentru captarea vorbei. Microfoanele cu celulă sînt folosite la difuzări de calitate (discursuri,

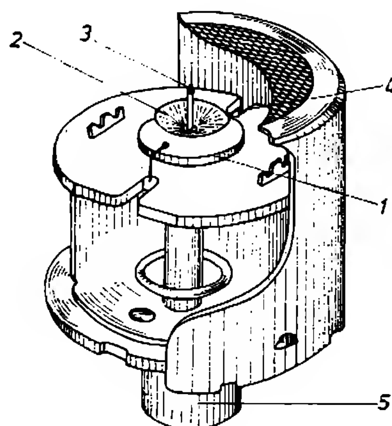


Fig. 128. Microfon ceramic:
1 — element piezoelectric ceramic; 2 — rezonator conic din aluminiu; 3 — conector; 4 — conexiune; 5 — terminal. (Matsushita Electric).

conferințe, înregistrări pe instalații fixe sau mobile). Microfoanele de contact (sondă și laringofoane) se folosesc în aplicații speciale menționate mai sus.

5.1.3. MICROFONUL ELECTROSTATIC (CONDENSATOR)

Funcționarea microfoanelor electrostatice se bazează pe variația capacității unui condensator în funcție de variațiile vitezei sau presiunii undelor acustice. Între armăturile unui condensator se aplică o tensiune continuă constantă. Undele acustice deplasează una din armăturile condensatorului, ceea ce produce o variație a capacității condensatorului (300 ... 500 pF) și deci o variație a curentului în rezistența de sarcină. Rezistența de sarcină trebuie să aibă o valoare mare în comparație cu impedanța capacității și deci, și a rezistenței de pierderi a izolantului dintre armăturile condensatorului, pierderi care trebuie reduse la minimum. Variațiile de tensiune în rezistența de sarcină sînt de ordinul zecilor de μV. În general, dielectricul este aerul.

Microfoanele condensator au un răspuns în frecvență foarte bun (fig. 129,*a*), comportîndu-se liniar pînă la 8 000 Hz. Microfoanele condensator de calitate au diagrama de directivitate omnidirecțională pentru toate frecvențele. Anumite tipuri constructive prezintă o curbă directivă la frecvențe ridicate (fig. 129,*b*). Nu au zgomot de fond.

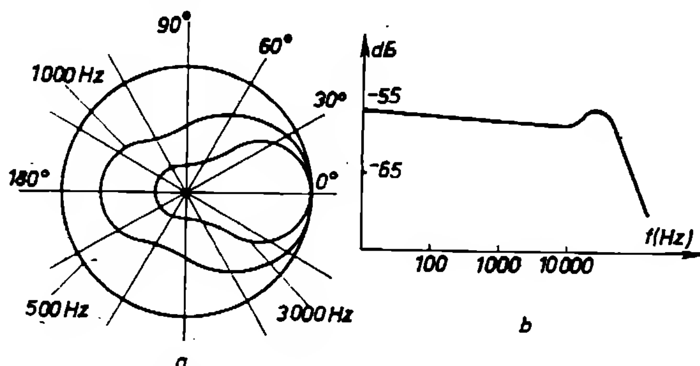


Fig. 129. Diagrama de directivitate (*a*) și caracteristica de răspuns a microfonului condensator (*b*).

Dezavantaje: sînt subansambluri funcționale ce necesită o construcție îngrijită, deci sînt scumpe. Sensibilitatea este slabă, —55 dB ... —90 dB, de aceea necesită un preamplificator chiar în capsula microfonului, ca legătura electrică să fie cît mai scurtă, pentru a nu avea pierderi la frecvențe înalte. Necesită sursă de alimentare auxiliară. Sînt sensibile la acțiunea factorilor climatici (umiditate, praf etc.).

Aplicații: se folosesc în studiouri de radiodifuziune pentru transmisii de calitate. Se utilizează la etalonarea microfoanelor și măsurarea difuzoarelor dată fiind caracteristica de frecvență liniară într-o bandă de frecvență mare.

Diferitele tipuri constructive de microfoane condensator sînt prezentate în fig. 130.

Microfonul condensator sensibil la presiune este realizat dintr-o membrană metalică perfect plană din aluminiu de grosime 2 μm, sau din nichel laminat

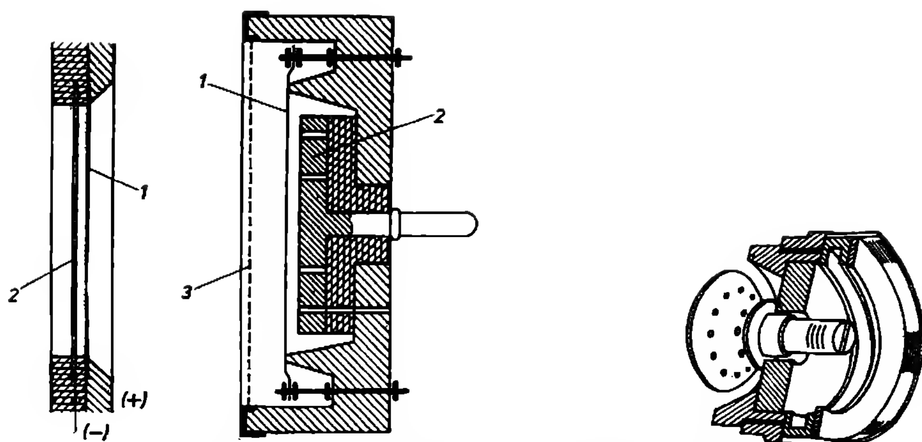


Fig. 130. Tipuri constructive de microfoane condensator:
1 — membrană; *2* — electrod fix; *3* — capac de protecție.

sau peliculă de poliester (Mylar) metalizată cu aur sau argint. Electrodul fix este centrat în corpul capsulei microfonului cu izolator și distanțieri din cuarț acoperit cu lac siliconic, cuarț ce poate fi reglat pentru obținerea paralelismului între electrozi. Amortizarea vibrațiilor acustice este realizată de cavitatea de aer dintre electrozi. Elasticitatea aerului nu trebuie să fie prea mare, deoarece s-ar obține rezonanțe ce ar duce la vîrfuri în frecvențe joase ale caracteristicii de frecvență, de aceea electrodul fix este perforat. Pentru protejarea contra umidității se pune o membrană de mătase care se comportă ca un filtru de aer.

Distanța dintre electrozi este de 20 ... 30 μm; cîmpul de străpungere al aerului este de 20 ... 30 kV/cm; rezultă că se poate aplica o tensiune de polarizare de 200 ... 300 V.

Ieșirea din preamplificatorul microfonului încorporat în capsulă se face pe transformator cu o impedanță de ieșire de 200 Ω; eficacitatea de la ieșirea microfonului este dată ca sensibilitatea microfonului 0,5 ... 1 mV/1 μbar.

Printr-o construcție îngrijită se poate obține un răspuns liniar în frecvență pînă la 20 000 Hz. Este utilizat în măsurarea presiunilor de peste 200 dB față de $2 \cdot 10^{-4}$ μbari.

Microfonul condensator sensibil la viteză are membrana accesibilă cîmpului acustic pe ambele fețe. Cele două fețe ale membranei lucrează în contratimp, deci răspuns în presiune nul (fig. 131). Cei doi electrozi ficși sînt per-

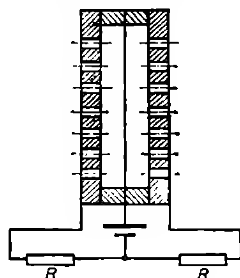


Fig. 131. Microfon condensator sensibil la viteză

forați pentru pătrunderea undelor sonore. Cînd membrana are o deplasare față de poziția mediană, tensiunile alternative (proporționale cu viteza particulelor de aer) pe cele două rezistențe de sarcină se adună. Construcția și tehnologia de realizare folosește aceleași materiale și tehnologii ca și la fabricarea microfoanelor condensator sensibile la presiune. Microfonul condensator sensibil la viteză permite captări acustice în condiții bune a sălilor în care există simultan microfoane și difuzoare (sălile de conferințe), deoarece axul principal al microfonului fiind îndreptat către vorbitor, este micșorat efectul sunetelor care sosesc lateral de la sursele sonore (difuzoare).

Se construiesc tipuri de microfoane electrostatice sensibile la viteză cu mai multe armături mobile (8 membrane subțiri din aluminiu sau poliester metalizat de cel mult 50 μm grosime) în fața unei armături fixe. Microfonul este foarte directiv și cu o sensibilitate de —50 dB.

5.1.4. MICROFONUL ELECTRODINAMIC

Intr-un conductor mobil, care poate fi o bobină mobilă sau o bandă metalică, ce se deplasează sub acțiunea cîmpului acustic într-un cîmp magnetic constant, ia naștere o forță electromotoare indusă ($e = Hvl$).

Forța electromotoare este proporțională cu viteza de deplasare a membranei; cu cît lungimea conductorului este mai mare crește forța electromotoare indusă.

Se construiesc microfoane electrodinamice cu bobină mobilă și cu bandă metalică.

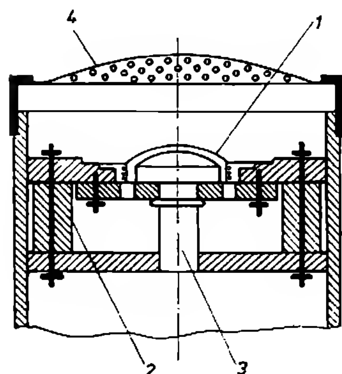


Fig. 132. Microfon cu bobină mobilă:
1 — membrană; *2* — magnet inelar; *3* — miez din fier moale; *4* — capac de protecție și filtru din mătase.

Microfonul electrodinamic cu bobină mobilă este un microfon de presiune, nedirectiv. Un tip constructiv de microfon electrodinamic cu bobină mobilă este dat în fig. 132. Diagrama de directivitate și răspunsul în frecvență al microfoanelor electrodinamice sînt prezentate în fig. 133.

Membrana este ușoară (50 mg) din aluminiu. Bobina mobilă este de asemenea ușoară (20 ... 100 mg) din sîrmă de aluminiu sau cupru emailat, bobinată pe carcasă ușoară de carton sau aluminiu, sau fără carcasă, bobinajul fiind impregnat în rășină sintetică. Deoarece bobina mobilă are un număr mic de spire, impedanța la 800 Hz este mică 10 ... 50 Ω. Microfoanele elec-

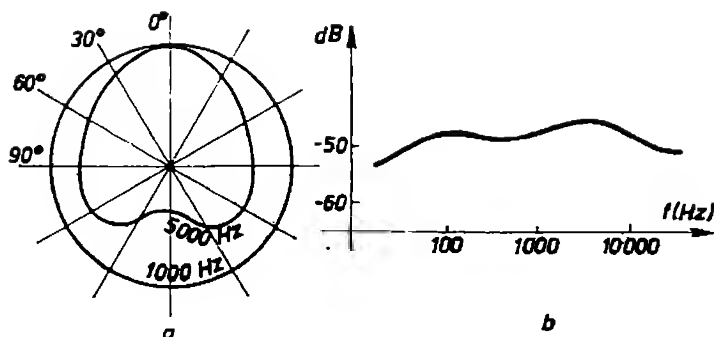


Fig. 133. Diagrama de directivitate (*a*) și caracteristica de răspuns în frecvență (*b*) a microfoanelor electrodinamice cu bobină mobilă.

trodinamice au în capsulă transformator de adaptare, ce ridică impedanța microfonului (raport de transformare în general 1/100) și permite conectarea prin cablu ecranat de lungime 10 ... 15 m a microfonului la amplificator.

Magnetul inelar este din fier cu aluminiu (Ticonal, Alnico) ce creează un cîmp puternic într-un întrefier ce poate fi sub un milimetru (0,8 ... 1 Wb/m^2).

Compensarea inerției la frecvențe înalte se obține cu o cameră de compensare, iar o fantă face să comunice cu camera membranei. Aerul ce se găsește comprimat la frecvențe înalte (vibrație de scurtă durată), mărește rigiditatea membranei și compensează în parte inerția ei. Compensarea rigidității membranei la frecvențe joase se poate face în anumite tipuri constructive de microfoane, printr-un tub ce face să comunice aerul din fața membranei cu aerul din camera acustică. La anumite dimensiuni ale tubului de comunicare, se obține același efect al presiunii acustice pe ambele fețe ale membranei, efect ce crește cu scăderea frecvenței, deci compensarea rigidității prea mari a membranei.

Microfonul este protejat cu un capac cu perforații, iar în unele cazuri și cu un filtru de mătase.

Microfoanele cu bandă mobilă au o sensibilitate medie (—50 ... —60 dB, sau 1 V/1 μbar).

Microfonul cu bandă este un microfon de viteză bidirecțional. Conductorul mobil este constituit din una sau mai multe benzi de cîțiva microni grosime, bandă plasată în întrefierul unui magnet permanent. Cînd se deplasează sub acțiunea undelor sonore ia naștere o tensiune electromotoare în lungul benzii conductoare. Banda este ondulată pentru a avea flexibilitate și pentru a-i mări sensibilitatea. Impedanța benzii este foarte mică, 0,01 ... 0,2 Ω, de aceea, transformatorul adaptor este plasat în carcasa microfonului, cu legătură scurtă și groasă de la bandă. Transformatorul de adaptare are în construcțiile uzuale un raport de transformare de 1/500.

Microfoanele moderne au banda pliată din poliester metalizat cu argint; magnetul este din ferită, ceea ce permite plasarea benzii în afara pieselor polare (microfon izofază).

În fig. 134 se prezintă două tipuri constructive de microfoane cu bandă metalică. Magnetul permanent este realizat din fier, nichel, aluminiu, cobalt călit la 1300°C și răcit în cîmp magnetic de 150 kA/m.

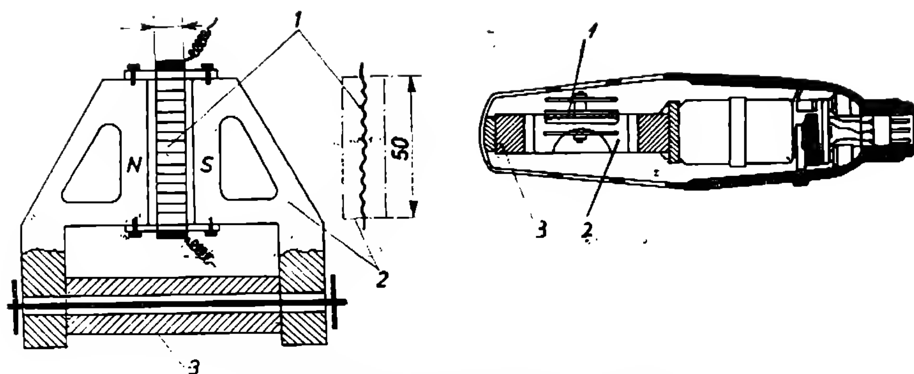


Fig. 134. Microfoane cu bandă conductoare:
1 — bandă ondulată; *2* — piese polare; *3* — magnet permanent.

Inducția magnetică este de 0,3 ... 1 Wb/m^2.

Microfoanele cu bandă sînt de sensibilitate slabă —60 ... —80 dB, sînt microfoane sensibile la vînt și trepidații; nu sînt recomandate pentru înregistrări de exterior. Caracteristica de frecvență și diagrama de directivitate sînt prezentate în fig. 135.

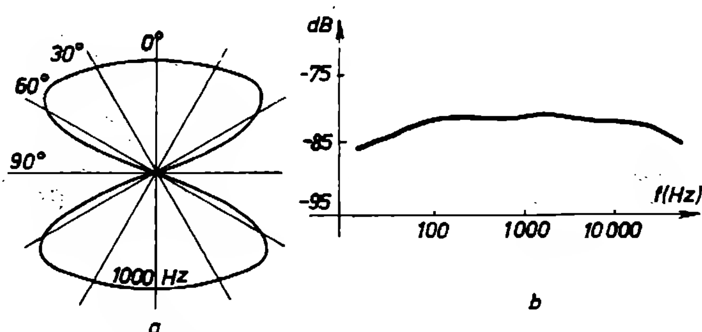


Fig. 135. Diagrama de directivitate (*a*) și caracteristica de răspuns (*b*) a microfoanelor cu bandă conductoare.

În comparație cu microfoanele electrodinamice cu bobină mobilă, care distorsionează frecvențele înalte, microfoanele electrodinamice cu bandă au fidelitate foarte bună, fiind recomandate pentru transmisii și înregistrări de muzică; inerția benzii fiind mică, aceste microfoane se plasează departe (2 m cel puțin) de sursa sonoră.

Apropiere este numită distanța radiatorului (microfon sau difuzor) comparabilă cu dimensiunile radiatorului și cu lungimea de undă a semnalelor radiate. La înregistrarea vorbei la distanță mică (sensibilitate nominală a microfonului), microfonul cu bandă prezintă o accentuare a frecvențelor joase. Unele tipuri constructive de microfoane cu bandă au în secundarul transformatorului de adaptare o bobină de șoc conectată în paralel cu sarcina pe poziția „vorbă" în scopul deaccentuării. Valoarea medie a semnalelor de vorbă ca presiune acustică pentru un microfon este de 1 μbar.

5.1.5. MICROFONUL CU ELECTRET

Electreții sînt materiale dielectrice ușor fuzibile care prezintă electrizare permanentă și proprietăți asemănătoare proprietăților magnetice ale magneților permanenți.

Principiul microfonului cu electret, prezentat în fig. 136, este următorul: electretul este așezat între două foițe metalice, una fixă iar cealaltă mobilă

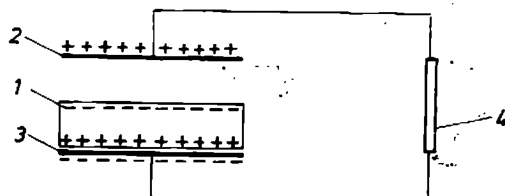


Fig. 136. Principiul microfoanelor cu electret:

1 — electret; *2* — electrod mobil; *3* — electrod fix; *4* — rezistență de sarcină.

sub acțiunea cîmpului acustic. Datorită prezenței cîmpului electric al electretului, pe cele două foițe metalice se vor induce sarcini electrice de semne contrare. La deplasarea electrodului mobil, spațiul electrod-electret se modifică, modificîndu-se și sarcinile superficiale de pe electrod; în circuit, pe o sarcină va apărea un curent variabil proporțional cu amplitudinea deplasării electrodului și cu frecvență egală cu frecvența mișcării.

Avantajele deosebite ale microfonului cu electret sînt: construcție foarte simplă, sensibilitate mare, exploatare ușoară și, în mod deosebit, lipsa sursei de alimentare. Microfonul cu electret este un microfon electrostatic (microfon condensator) la care sursa de tensiune este însuși electretul. Este un microfon mult întrebuințat în domeniul militar și în condiții grele de lucru.

În tabelul 23 se prezintă tipurile principale de materiale electret cu condițiile de fabricare și valoarea sarcinii superficiale în timp [43].

Tabelul 23

Principalele materiale electret

Dielectrici organici	Condiții de preparare				Valoarea sarcinii superficiale în timp [C/cm²]		
	Cîmp	Temperatură					
	Intens. [kV/cm]	Durata [minute]	Max. [°C]	Durata [minute]	2 ore	5 zile	3 luni
Terilen	20	180	170	150	$+2\cdot10^{-9}$	$+6\cdot10^{-10}$	$+5\cdot10^{-10}$
Rășină SVIT	12,5	105	80	100	$+1,8\cdot10^{-9}$	$+1\cdot10^{-9}$	$+3\cdot10^{-10}$
Polistiren	20	90	100	100	0	0	0
Cerezină	15	120	80	90	$+2,2\cdot10^{-10}$	$+3,8\cdot10^{-10}$	$+2\cdot10^{-10}$
Rășină de anilină	20	120	105	60	$+1,2\cdot10^{-9}$	$+4\cdot10^{-10}$	$-4\cdot10^{-11}$
Rășină de anilină	15	90	128	60	$+1,2\cdot10^{-9}$	$+1\cdot10^{-10}$	$-6\cdot10^{-10}$
Polistiren + răș. anilină	15	240	140	300	$-4,5\cdot10^{-9}$	$-1\cdot10^{-9}$	$-1\cdot10^{-10}$
Polivinilacetat	33	160	140	160	$+1,4\cdot10^{-9}$	$+4\cdot10^{-10}$	$-7\cdot10^{-11}$
Polietilenă + NaOH	15	120	135	60	$+1\cdot10^{-10}$	$+7\cdot10^{-11}$	$+3\cdot10^{-11}$
Polistiren + Fe_2O_3	15	130	150	60	$+6\cdot10^{-10}$	$+4\cdot10^{-10}$	$+2\cdot10^{-10}$
Sulf	8	100	140	60	$+2\cdot10^{-9}$	$+2\cdot10^{-10}$	$+1\cdot10^{-10}$
Umaplex	25	150	110	120	$+4\cdot10^{-9}$	$+1\cdot10^{-10}$	$-3\cdot10^{-11}$
Dentacril tehnic	28	230	—	—	$+4\cdot10^{-11}$	$+2\cdot10^{-11}$	$-3\cdot10^{-11}$
Dentacril tehnic	11	70	—	—	$-2\cdot10^{-9}$	$-3\cdot10^{-10}$	$-5\cdot10^{-10}$
PVC	50	150	140	120	$+4\cdot10^{-10}$	$+2\cdot10^{-10}$	$+1,4\cdot10^{-10}$
Novolac	30	120	120	60	$+1\cdot10^{-9}$	$+2\cdot10^{-10}$	$+2\cdot10^{-10}$
Ceară Carnauba + colofoniu	18	60	105	60	$+1,1\cdot10^{-9}$	$+1\cdot10^{-9}$	$-6\cdot10^{-11}$
Ceară de albine	20	60	115	60	$+1,1\cdot10^{-9}$	$+6\cdot10^{-10}$	0
Palatal	15	65	—	—	$+9\cdot10^{-10}$	$+6\cdot10^{-10}$	0

Construcția unui microfon cu electret ceramic este prezentată în fig. 137. Membrana electrică este realizată din aluminiu de 10 μm. Electretul este un disc ceramic din $CaTiO_3$ ($\varepsilon = 150$) cu un diametru de Φ 50 mm și o grosime de 5 mm, prevăzut cu orificii pentru a permite deplasarea liberă a membranei.

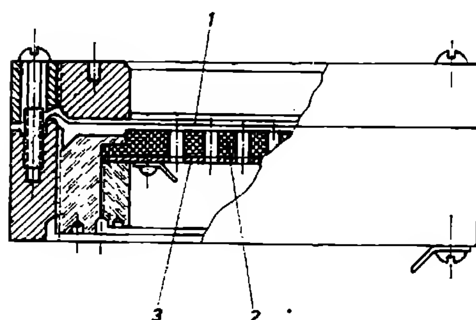


Fig. 137. Microfon cu electret ceramic:
1 — membrană; 2 — electret; 3 — electrod fix.

Electretul este fixat pe o placă metalică, electrodul fix, prevăzută cu orificii ce corespund orificiilor electretului. Electretul cu electrodul fix sînt fixate în montura capsulei microfonului cu ajutorul unei piulițe din plexiglas. Corpul microfonului este din duraluminiu. Legătura cu circuitul exterior este făcută cu o bornă legată la masă. Tensiunea mecanică de întindere a membranei este reglată cu ajutorul unui inel.

Microfonul prezentat dezvoltă o tensiune de 1 ... 2 V pe o rezistență de sarcină de 1 MΩ la o voce de tărie mijlocie. Rezistența internă a microfonului este de aproximativ 1 MΩ la 1 000 Hz.

Curentul ce circulă prin rezistența de sarcină, deci tensiunea și puterea în sarcină sînt proporționale cu suprafața electretului și cu densitatea superficială a sarcinilor electrice ale electretului (materialul folosit).

Folosind un electret corespunzător, se pot construi cele mai simple telefoane, fără surse de alimentare și fără amplificator.

Un alt tip constructiv de microfon cu electret din poliester realizat de Bell Telephone Laboratories este prezentat în fig. 138. Caracteristica de

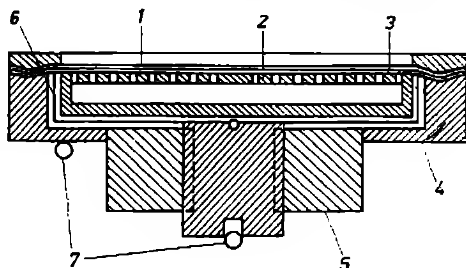


Fig. 138. Construcția unui microfon cu electret din folie de poliester:
1 — membrană; 2 — electrod fix; 3 — electret; 4 — carcasă din aluminiu; 5 — izolație electrică; 6 — izolație; 7 — contacte electrice.

răspuns a microfonului este liniară în banda 50—15 000 Hz. Electretul este sub formă de foiță și are o impedanță de ieșire relativ mică. Microfonul poate fi conectat direct la amplificator.

Folosirea electreților clasici solizi duce la interferențe care determină micșorarea sensibilității. Microfonul cu electret din foiță de poliester (Mylar) are foița fixată pe carcasă de aluminiu, avînd în față membrana elastică ce

reprezintă electrodul mobil și în spate un disc de alamă cu diametrul Φ38 mm ce reprezintă electrodul fix. Electrodul fix are 300 orificii de diametru Φ1 mm, prin care pătrunde aerul în cavitatea de rezonanță de 1,9 cm^3.

Electretul este din poliester de 0,25 .. 0,5 mm grosime, permanent polarizat după regimul termoelectreților (120°C și un cîmp electric de 3 kV/cm). Mărimea sarcinii superficiale măsurată prin metoda inducției a fost de 10—8 C/cm^2. Din calcule rezultă că o sarcină superficială de această valoare dă pe o foiță de poliester de 0,5 mm o tensiune de 45 V, considerînd sistemul similar fără electret.

Datorită neregularităților suprafeței electretului rezultate din prelucrare, membrana este în contact cu electretul în timpul deplasării sub cîmp acustic în multe puncte. Sensibilitatea microfonului se îmbunătățește introducînd între membrană și electret cîteva distanțiere de 20 μm grosime.

Capacitatea unui microfon cu electret din foiță de poliester de 0,25 mm grosime este de 700 pF, adică 62 pF/cm^2, față de 20 pF/cm^2 cît au microfoanele cu electret ceramic. Microfonul cu electret dă 1 V la 1000 Ω/μbari.

5.1.6. MICROFOANE COMBINATE

Prin combinarea microfoanelor se pot obține funcții polare mai complexe decît cerc sau opt (omnidirecționale și bidirecționale).

Microfoanele se pot combina acustic sau electric.

a) **Microfoane combinate acustic** constau dintr-un echipaj mobil acționat de o forță ce conține două componente: o componentă proporțională cu presiunea acustică, iar o componentă proporțională cu diferența dintre presiunea directă și presiunea pe cealaltă față (opusă) a membranei. *Diagrama de directivitate este cardioidă*, adică sensibilitatea este dublă pentru semnalele acustice ce vin din față, slabă pentru semnalele acustice ce vin lateral la membrană și este nulă pentru semnale ce vin din spate (fig. 139). Pentru semnalele ce

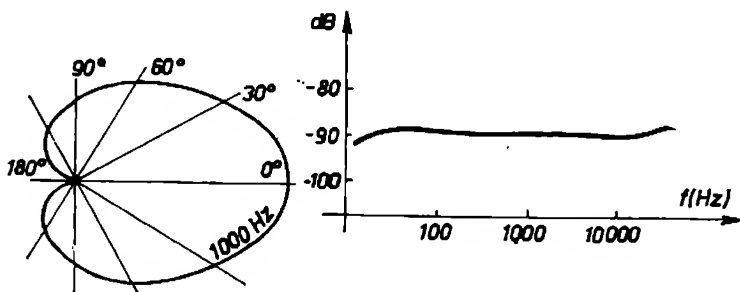


Fig. 139. Diagrama de directivitate (*a*) și caracteristica de frecvență (*b*) a unui microfon combinat acustic cu bobină mobilă.

vin din spate, deplasările membranelor sînt egale și de sens contrar, astfel că tensiunile se anulează.

Se combină acustic microfonul cu bobină mobilă la care membrana este sensibilă la undele acustice ce vin din față (microfon de presiune), dar prin comunicarea cu volumul de aer elastic prin perforațiile circuitului magnetic printr-un tub central, microfonul devine sensibil și la viteză.

In fig. 139 se prezintă caracteristica de frecvență și diagrama de directivitate a unui microfon combinat cu bobină mobilă.

In fig. 140 se prezintă un tip constructiv de microfon combinat acustic cu bobină mobilă.

Se construiesc, de asemenea, microfoane combinate acustic cu bandă. Banda este împărțită în două, o jumătate este prevăzută cu un labirint posterior și constituie partea de microfon de presiune, cealaltă jumătate de bandă este accesibilă de ambele părți cîmpului acustic prin fante practicate în piesele polare și constituie partea de microfon de viteză. Cele două tensiuni se adună electric și semnalul rezultat se aplică transformatorului ridicător de tensiune.

Microfoanele combinate acustic se construiesc din microfoane cu bobină mobilă și microfoane cu bandă sensibile la viteză.

Microfonul combinat electrostatic este un microfon condensator, la care două membrane sînt așezate simetric față de electrodul fix perforat (fig. 141). Dimensionînd convenabil elementele sistemului acustic, se obține o polară de tip cardioidă.

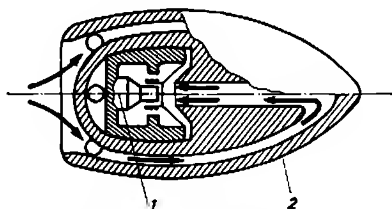


Fig. 140. Construcția unui microfon combinat cu bobină mobilă:
1 — magnet permanent; 2 — carcasa microfonului (material plastic).

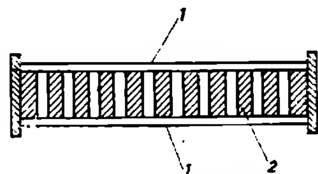


Fig. 141. Microfon condensator combinat acustic:
1 — membrană; 2 — electrod fix.

Microfoanele cardioide permit sonorizări de foarte bună calitate. Microfoanele combinate fiind unidirecționale sînt practic insensibile la fenomenul de microfonie (efect Larsen).

b. **Microfoane combinate electric.** Prin comutări electrice între două unități distincte (microfon de presiune și microfon de viteză) care se găsesc în aceeași capsulă, se pot obține diagrame de directivitate diferite față de diagramele corespunzătoare microfoanelor care se combină (polară de tip cerc și polară în opt). Un exemplu de microfon combinat este microfonul ce conține două benzi conductoare aparținînd la două secțiuni distincte de microfoane cu bandă de presiune și cu bandă de viteză; cuplarea la cele două secțiuni se face prin comutare.

Un tip constructiv de microfon combinat electric des întîlnit în captările de sunet este microfonul condensator, combinat electric din două unități distincte de microfon condensator combinat acustic (fig.142). Fiecare din cele două unități combinate acustic are o diagramă de directivitate de tip cardioidă. Prin polarizarea corespunzătoare a celor două secțiuni, polarizare dată de poziția comutatorului, se obțin *diagrame de tip cerc, cardioidă, supercardioidă, hipercardioidă* sau *opt*.

Pentru a înlătura transmiterea de pocnituri în sistemul de redare din cauza comutării tensiunilor de polarizare ale electrozilor, se introduce filtrul (1 MΩ, 2 μF) în paralel pe comutator.

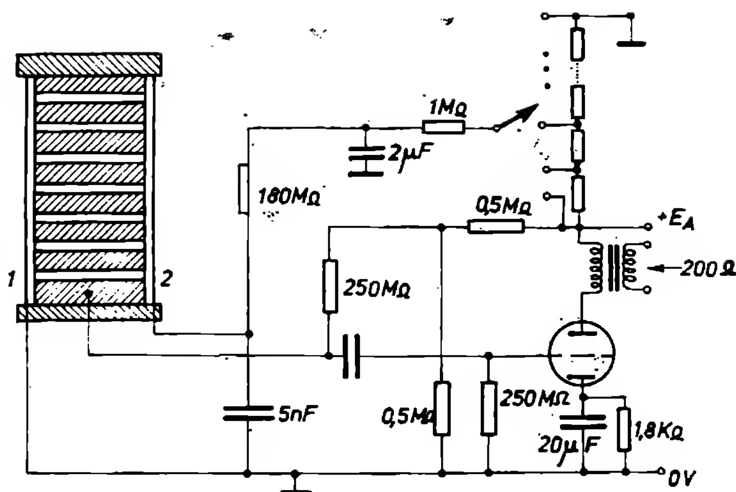


Fig. 142. Circuitul de comandă al unui microfon condensator combinat electric și acustic.

5.1.7. CONTROLUL MICROFOANELOR

Controlul microfoanelor în timpul procesului de fabricație, între operații, constă în măsurarea dimensiunilor, a unor parametri fizici și în respectarea tehnologiei de fabricație, ca materiale, ordine a operațiilor etc. La asamblare se cere o poziționare corectă conform cu documentația constructivă și tehnologică a reperelor.

Controlul final al microfoanelor constă în controlul vizual și măsurarea caracteristicii de răspuns. Caracteristica de frecvență se măsoară în camere surde (numite și camere anecoide, insonore sau camere antifonate), ce au pereții bine izolați din punct de vedere acustic, iar interiorul este căptușit cu material absorbant (catifea), pentru a împieidica reflexiile acustice. Acestea sînt măsurările făcute pentru microfoanele profesionale. Microfoanele de serie se măsoară în spații mici insonore de cîțiva centimetri cubi.

Metoda buclei de reglaj de măsurare a microfoanelor de orice tip constructiv constă în plasarea în cîmpul sonor al unui difuzor, a microfonului de măsurat și a unui microfon etalon, în condiții de cîmp pe cît posibil identice, aproape unul de celălalt. Microfonul etalon, față de care se corectează caracteristica de frecvență a microfonului măsurat pentru condițiile practice în care se face măsurarea, menține, prin reacție, amplitudinea constantă a oscilațiilor acustice ale difuzorului la toate frecvențele de măsurare. Înregistratorul este cuplat cu generatorul de frecvență, astfel că se obține înscrisă pe hîrtie eficacitatea microfonului în dB în funcție de frecvență.

Metoda electrodului suplimentar este procedeul de măsurare a microfoanelor electrostatice, microfoane ce sînt utilizate apoi ca etaloane în măsurarea tuturor celorlalte tipuri de microfoane.

Metoda constă în folosirea unui electrod suplimentar izolat electric, paralel la o distanță mică cu electrodul mobil al microfonului de măsurat. Aplicînd o tensiune continuă între electrodul suplimentar și membrana microfonului, electrodul mobil va fi atras de electrodul auxiliar, situație ce reprezintă nivelul de referință față de care se face măsurarea pentru tensiunea continuă

de polarizare aplicată. Aplicînd o tensiune sinusoidală peste tensiunea de polarizare, de frecvență variabilă în banda audio de măsurat, se simulează presiunea acustică pe membrana microfonului condensator prin atracțiile electrice exercitate asupra membranei de către electrodul suplimentar.

Alegerea unui microfon pentru diferite aplicații se face în funcție de sensibilitatea microfonului cu frecvența (caracteristica de răspuns), curba de directivitate pe care o prezintă (corespunzătoare fiecărui tip constructiv), dar și în funcție de nivelul de zgomot e_{zg} al microfonului în banda de frecvență:

$$e_{zg}^2 = 4KT \int_{f_i}^{f_s} R\mathrm{d}f,$$

unde K este constanta Boltzman; R — rezistența [Ω];
T — temperatura în [°K]; f — frecvența [Hz].

La microfonul condensator, rezistența de ieșire echivalentă este dată de transformarea circuitului echivalent derivație (R_0, C_0), în circuit serie, $R = R_0/(1 + \omega^2 R_0^2 C_0^2)$. Rezultă că tensiunea de zgomot este mult mai mare la microfoanele electrostatice decît la microfoanele cu bobină mobilă.

Definirea corectă a parametrilor unui microfon, ținînd seama și de zgomotul corespunzător impedanței de ieșire echivalente a microfonului este, de exemplu, o valoare uzuală:

$$120\ \mu V/\mu bar/10\ \Omega,$$

adică la o presiune acustică de 0,1 μbari, raportul semnal/zgomot este 50 dB, microfonul debitează pe o sarcină de 100 kΩ cu o bandă de trecere de 10 000 Hz.

Instalarea microfoanelor se face în funcție de utilizare: microfoane de mînă, microfoane telefonice, microfoane cu pedestal de dușumea sau de masă, microfoane de contact, microfoane suspendate, microfoane de cinematografie pe tijă suport etc. (fig. 143).

Instalarea microfoanelor ține de alegerea microfonului, dar și de poziționarea în spațiu:

— alegerea tipului de microfon corespunzător sonorizării ce se urmărește: redări directe, înregistrări magnetice sau pe disc, înregistrări pe peliculă foto (cinema);

— alegerea microfonului în funcție de mediul ambiant în care se face sonorizarea: aer liber, studio, teatru, săli de conferințe;

— instalarea se face în funcție de acustica arhitecturală: absorbții și reflexii, ecouri, reverberații;

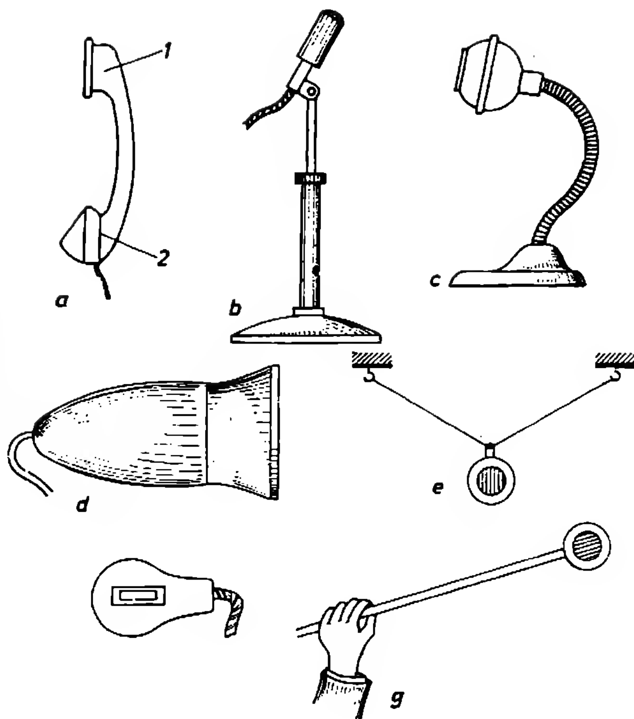
— numărul microfoanelor utilizate la o sonorizare și poziționarea lor în spațiu unul în funcție de celelalte depinde de natura sunetelor: vorbă (conferință), piese de teatru (vorbă cu dinamică mai mare), soliști vocali, orchestră. Multe microfoane au încorporat întrerupător sau comutator de sensibilități pentru corectări de frecvență în diversele aplicații.

5.2. DIFUZOARE

Difuzorul este subansamblul funcțional traductor electroacustic care transformă undele electrice în unde acustice. Randamentul transformării este foarte scăzut, între 0,5 ... 8%. Difuzoarele se folosesc ca subansambluri

Fig. 143. Instalarea diferitelor tipuri de microfoane în funcție de domeniul de aplicare:

a — telefonie (1 — capsulă receptoare, 2 — microfon); b — microfon de sală; c — microfon de masă (flexibil); d — microfon de mînă; e — microfon suspendat; f — microfon de contact; g — microfon de cinematografie.



funcționale finale în sistemele de redare a sunetului (radioreceptoare, receptoare de televiziune, magnetofoane, pic-kupuri etc.).

Audiograma reprezintă densitatea spectrală de putere a semnalelor ce pot fi percepute de urechea umană. Se definește un *prag de audibilitate* sau de audiție ca puterea minimă perceptibilă de ureche în funcție de frecvență (fig. 144). Pragul de audiție netolerat este puterea acustică în funcție de frecvență pentru care audiția devine dureroasă.

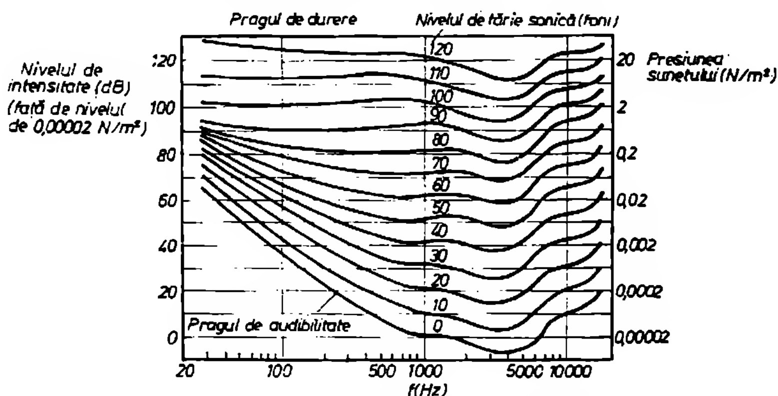


Fig. 144. Curbele Fletcher-Munsen, sensibilitatea urechii în funcție de frecvență (sensibilitate maximă în jur de 3 000 Hz).

Curbele din fig. 144 sînt stabilite pentru un număr mare de adulți tineri cu urechea normală. Suprafața cuprinsă între curbele de prag de audiție și prag de senzație dureroasă se numește suprafață de audiție.

Frecvențele audibile se întind între 16 și 16 000 Hz. Pentru o audiție normală medie o reproducere orchestrală de bună calitate are banda de frecvență 50 ... 9 000 Hz. În telnfonie, intervalul 100 ... 3 000 Hz este suficient pentru a se înțelege cuvintele (vorba). În transmisii radio distribuția frecvențelor emițătoarelor cu modulație de amplitudine nu trebuie să depășească 9 000 Hz. Pentru a evita interferențele cu emițătoarele posturilor vecine sau cu paraziții, se limitează adesea frecvențele înalte la 4 000 Hz, ceea ce dă un efect satisfăcător de audiție bună. În radio, cercetarea este orientată spre diminuarea paraziților sau nivelului zgomotului de fond la care auditorul mediu este foarte sensibil. De altfel, fiziologic, creerul reconstituie semnalul în lipsa unor armonici.

Sursă acustică simplă este sursa acustică ce difuzează în mod uniform în toate direcțiile în cîmp liber.

Puterea nominală a unui difuzor este puterea maximă electrică suportată de difuzor la 400 Hz.

Sunetele sînt caracterizate prin înălțime, intensitate, timbru.

Înălțimea este dată de frecvența fundamentală. Din punct de vedere fiziologic, cînd înălțimea variază în progresie geometrică, senzația de audiție a urechii variază în progresie aritmetică (legea Fechner); adică pentru ureche două intervale de sunete sînt identice cînd raportul frecvențelor corespunzătoare este același.

Intensitatea acustică este o funcție de puterea acustică instantanee. Sensibilitatea urechii la intensitatea sunetului urmează o lege ca și pentru înălțime. Intensitatea de referință este intensitatea minimă perceptibilă de urechea umană la 1 000 Hz. Dinamica orchestrală, adică diferența între intensitatea minimă (piano) și intensitatea maximă (forte) atinge 45 dB. Pentru a se obține un efect convenabil de audiție, intensitatea maximă trebuie să fie în limitele 90 ... 100 dB, iar intensitatea minimă între 45 ... 55 dB, pentru a depăși nivelul de zgomot al sălii.

Timbrul este caracteristica senzației auditive care permite să se distingă diverse sunete complexe de aceeași frecvență fundamentală, dar de compoziții spectrale diferite. Un sunet muzical de bună calitate trebuie să aibă puterea armonicilor inferioară celei a sunetului fundamental.

Distorsiunile liniare ale unui difuzor apar din cauza transmiterii neidentice a diferitelor frecvențe; cu cît caracteristica de răspuns este mai liniară, distorsiunile liniare sînt mai mici.

Distorsiunile de fază sînt distorsiunile ce apar în timpul transmisiei din cauza timpilor diferiți de transmitere a semnalelor de diverse frecvențe. Un defazaj de ordinul unei perioade nu este perceput de ureche, deoarece fiziologic componentele sînt analizate de terminațiile axonale ale nivelului auditiv.

Distorsiunile spațiale se datorează, pe de o parte, tuturor celorlalte distorsiuni care nu permit localizarea sunetului în spațiu, pe de altă parte, faptului că localizarea spațială a sunetelor nu este posibilă cu aparate obișnuite. *Relieful sonor* în audiția naturală se datorează senzației de percepere binaurală.

Efectul de profunzime, de perspectivă sonoră, se obține, reducînd la minim distorsiunile, apoi prin reverberația sălii sau a înregistrării sunetelor. Rever-

berația este persistența unui sunet în spațiu închis sau semiînchis după întreruperea sursei acustice. Dispozitivele de reverberație artificială sînt utilizate pentru a crea efectul de perspectivă sonoră prin provocarea unui defazaj în timp între semnalele a două canale de redare plecînd de la un canal unic de sunet captat.

Localizarea în lățime a sunetelor se face prin stereofonie: utilizarea a două sau a mai multor canale separate de transmisie de la captare, microfon, pînă la redare, difuzor. Distribuția difuzoarelor corespunde pozițiilor microfoanelor la înregistrare, pentru redarea corectă.

Clasificarea difuzoarelor

Din punct de vedere acustic:

— difuzoare cu radiație: difuzoare al căror element radiant acționează direct aerul fără adaptare de impedanță;

— difuzoare cu pîlnie: difuzoare la care elementul radiant este cuplat cu aerul printr-o pîlnie;

— difuzoare multicelulare: difuzoare cu pîlnie la care elementul radiant este cuplat cu aerul prin mai multe pîlnii;

— difuzor cu căi multiple: sistem de două sau mai multe difuzoare combinate acustic cu pereți despărțitori pentru a se transmite cu eficacitate o anumită bandă de frecvență;

— cască de receptor telefonic: receptor electroacustic ce este cuplat acustic cu urechea;

— cască internă (microcască radio): cască receptoare de dimensiuni mici ce se introduce în interiorul canalului auditiv;

— vibrator sau receptor pentru conducție osoasă: traductor electromecanic ce transmite prin contact direct (nu prin aer) vibrațiile mecanice sistemului osos.

Din punct de vedere funcțional:

— difuzoare electrodinamice: conductor mobil parcurs de un curent variabil într-un cîmp magnetic constant; ca tipuri constructive sînt cu bobină mobilă (conductorul mobil este o bobină), cu magnet permanent sau cu electromagnet;

— difuzor electrostatic (condensator);

— difuzor electromagnetic (variația inducției magnetice);

— difuzor piezoelectric;

— difuzoare speciale:

- — difuzor magnetostrictiv;
- — difuzor ionic sau ionofon (variația impedanței unui volum de aer ionizat);
- — difuzor cu armătură magnetică: acțiunea forțelor de atracție magnetică asupra unei armături feromagnetice;
- — difuzor pneumatic: modulația unei scurgeri de gaz.

Construcția principială a unui difuzor electromagnetic este dată în fig. 145. În cîmpul unui magnet permanent se găsește o armătură mobilă articulată din fier moale, de care este prinsă o tijă ce acționează asupra unei membrane.

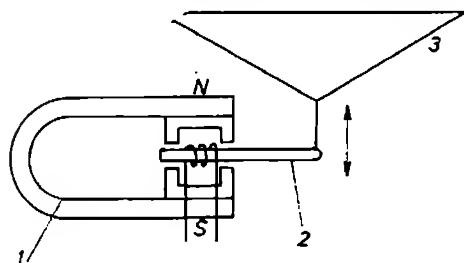


Fig. 145. Principiul de funcționare a difuzorului electromagnetic:
1 — magnet permanent; 2 — armătură mobilă articulată; 3 — membrană.

Bobina prin care curge curentul variabil poate fi fixată pe armătură. În alte tipuri constructive, bobina se află chiar pe magnetul permanent. În repaus, cînd prin bobină nu trece curent, armătura este în echilibru în cîmpul magnetului permanent.

Oscilațiile electrice din bobină sînt transformate în oscilații mecanice ale armăturii mobile, apoi în vibrații acustice ale membranei. Pentru a avea o bună sensibilitate a difuzorului este necesar un întrefier de mici dimensiuni, deci amplitudinile de vibrație ale armăturii sînt limitate și nu se pot reproduce semnale de frecvențe joase (sub 120 Hz). Deoarece amplitudinea deplasărilor armăturii nu este proporțională cu intensitatea curentului ce trece prin bobină, apar distorsiuni. În plus, sistemul prezintă rezonanțe mecanice. Dimensiunile acestui tip constructiv sînt relativ mari. Nu se mai utilizează, prezintă doar un interes istoric.

Se folosește însă principiul pentru construirea căștilor receptoare telefonice (fig. 146). Pe fiecare din cei doi poli ai magnetului se află cîte o înfășurare care se leagă în serie. O membrană din fier moale, plasată la o distanță mică de magnet, închide circuitul magnetic. În fig. 147 se prezintă un tip

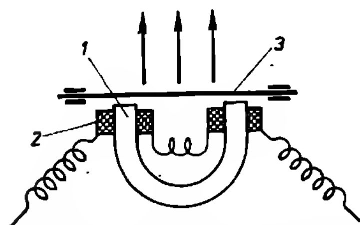


Fig. 146. Principiul constructiv al căștii telefonice receptoare (electromagnetice):
1 — magnet; 2 — bobină; 3 — diafragmă.

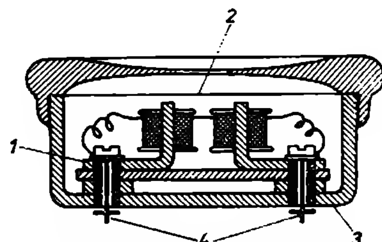


Fig. 147. Construcția unei căști receptoare telefonice:
1 — magnet; 2 — membrană; 3 — izolație; 4 — conexiuni de ieșire.

constructiv de cască receptoare telefonică. Bobinele au un număr mare de spire din cupru emailat. Membrana din fier moale este de grosime aproximativ 0,2—0,3 mm. Microfonul este închis într-o cutie din metal, bachelită sau alt

material plastic cu capacul perforat pentru o mai bună transmitere spre exterior a semnalelor acustic. Banda de frecvență este între 100 Hz și 4 500 Hz. Diferitele aplicații ale acestui tip constructiv de cască receptoare sînt date în figura 148: combină telefonică (microfon și cască receptoare), cască de emisie-

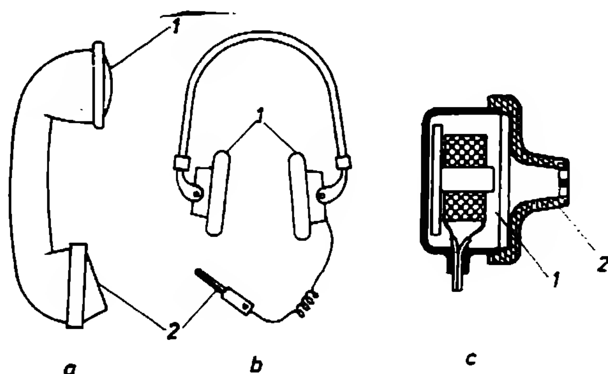


Fig. 148. Tipuri constructive de căști recepție-emisie:
a — combină telefonică: *1* — cască; *2* — microfon; *b* — cască emisie-recepție; *1* — cască; *2* — microfon; *c* — cască receptoare radio internă: *1* — membrană; *2* — prelungire a carcasei receptoare ce se introduce în ureche.

recepție (utilizată în aviație, radio amatorism, în situație de recepție și emisie ce nu deranjează sălile în care se efectuează), cască receptoare radio internă.

5.2.2. DIFUZORUL PIEZOELECTRIC

Difuzorul piezoelectric utilizează proprietatea inversă celei descrise la microfonul piezoelectric. Vibrațiile mecanice ale elementului bimorf sînt transmise prin intermediul unei pîrghii amplificatoare unei membrane (fig. 149).

Avantajele difuzorului piezoelectric sînt: sensibilitate foarte bună și reproducere bună a frecvențelor peste 5 000 Hz.

Dezavantajele difuzorului piezoelectric sînt: caracteristică de răspuns neuniformă în bandă: răspuns slab la frecvențe joase din cauză că amplitudinea vibrațiilor la frecvențe joase este mare și cristalul se poate deteriora; puterea

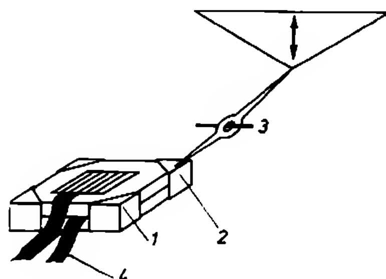


Fig. 149. Difuzor piezoelectric:
1 — parte fixă; *2* — parte mobilă; *3* — pîrghie; *4* — conexiuni de ieșire.

acustică furnizată este mică deoarece amplitudinea vibrațiilor cristalului piezoelectric este mică.

Difuzoarele piezoelectrice sînt utilizate în instalațiile de sonorizare cu mai multe difuzoare pentru redarea frecvențelor înalte.

5.2.3. DIFUZORUL ELECTROSTATIC

Principiul de funcţionare al difuzoarelor electrostatice este următorul: între armăturile unui condensator se aplică semnalul electric corespunzător semnalului acustic ce trebuie redat (fig. 150). Atracţia mai slabă sau mai

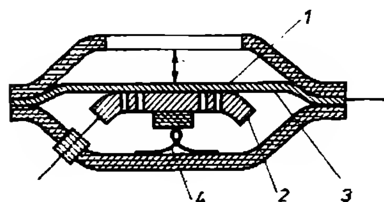


Fig. 150. Difuzor electrostatic:
1 — armătură mobilă; 2 — armătură fixă; 3 — folie izolantă elastică (Mylar); 4 — resort.

puternică a armăturilor, una din armături fiind mobilă, este corespunzătoare forţelor electrostatice datorate prezenţei sarcinilor electrice pe armături. Forţa de atracţie este proporţională cu pătratul tensiunii alternative aplicate pe electrozi. Pentru a micşora distorsiunile de amplitudine ce rezultă din această cauză, se polarizează în curent continuu condensatorul format de electrozi, cu o tensiune de cel puţin zece ori mai mare (250 ... 300 V) decît amplitudinea semnalului variabil. Distorsiunile sînt în acest caz sub 5%.

Armătura fixă este perforată pentru a micşora distorsiunile. Armătura mobilă este depusă ca metalizare de aur sau argint pe dielectric (de obicei polistiren), de 25 μm grosime în total. Prezenţa dielectricului evită eventualele scurtcircuite ce pot apărea din cauza prafului sau din cauza amplitudinilor prea mari de vibraţie (supraîncărcarea difuzorului). Difuzorul electrostatic este un difuzor cu radiaţie directă. Membrana metalizată este întinsă de către un resort. Tensiunile continuă şi alternative sînt aplicate pe electrodul fix. Electrodul mobil este legat la masa difuzorului.

Avantajul difuzorului electrostatic este reproducerea cu distorsiuni mici a frecvenţelor înalte. De aceea se utilizează în instalaţii de sonorizare cu mai multe difuzoare pentru redarea acutelor.

Dezavantajele difuzorului electrostatic sînt: nu poate reproduce frecvenţe joase, este sensibil la temperatură şi umiditate.

5.2.4. DIFUZORUL ELECTRODINAMIC

Este cel mai utilizat difuzor, dată fiind caracteristica de frecvenţă bună (40 ... 10 000 Hz), preţ de cost scăzut, deşi randamentul de transformare este foarte scăzut.

Difuzorul electrodinamic se compune dintr-un circuit magnetic, magnet permanent sau electromagnet, o bobină mobilă în întrefierul circuitului magnetic, de care este solidară o membrană şi care transformă oscilaţiile mecanice ale bobinei în vibraţii acustice (fig. 151). Membrana este prinsă de şasiul difuzorului printr-o suspensie elastică.

La trecerea curentului i [A] prin bobina de n spire şi lungime l [m] a unei spire, în cîmpul magnetic H [A/m] apare o forţă F [N] proporţională cu ampli-

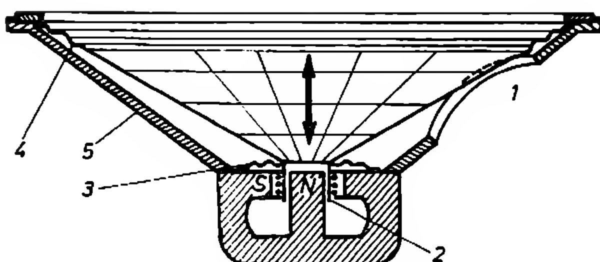


Fig. 151. Difuzorul electrodinamic: 1 — membrană; 2 — bobină mobilă; 3 — centraj; 4 — suspensie; 5 — șasiu.

tudinea curentului și de aceeași frecvență cu frecvența de variație a curentului, dacă cîmpul magnetic este constant.

Numărul de spire n și lungimea unei spire l sînt limitate de inerția sistemului mobil, dar prin crearea unui cîmp magnetic puternic, eficacitatea difuzorului poate fi mărită. De aceea celelalte tipuri de difuzoare au fost înlocuite de difuzorul electrodinamic. Limitele utilizării difuzorului electrodinamic sînt date de frecvența superioară a spectrului reprodus (fig. 152). Difuzorul

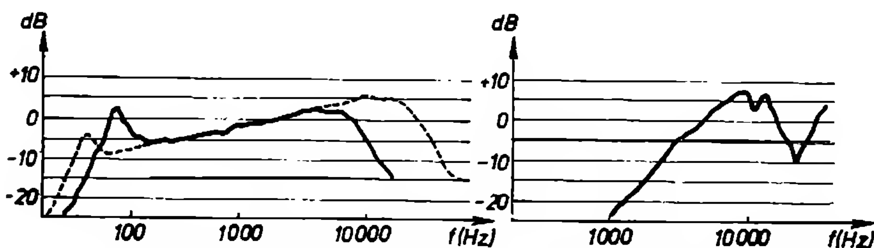


Fig. 152. Caracteristica de răspuns a unui difuzor electrodinamic (a) în comparație cu cea a unui difuzor electrostatic (b).

electrodinamic are un punct de rezonanță care se situează în funcție de tipul constructiv între 80 și 150 Hz. Introducînd un ecran se accentuează frecvențele joase, iar cu membrană suplimentară specială se evidențiază frecvențele înalte.

Se prezintă în figura 152 caracteristica de răspuns a unui difuzor electrodinamic în comparație cu caracteristica de răspuns a unui difuzor electrostatic.

Diagrama de directivitate a difuzorului eletrodinamic este prezentată în figura 153. Efectul direcțional al difuzorului este micșorat prin utilizarea unui

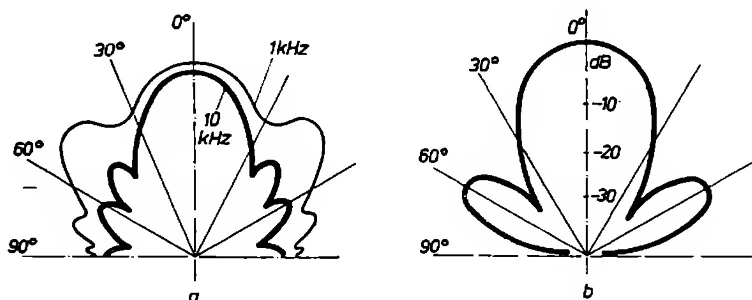


Fig. 153. Diagrama de directivitate a difuzorului electrodinamic (a) în comparație cu cea a difuzorului electrostatic (b).

con (membrană) antidirecțional (fig. 154), care se fixează pe miez. În sălile de recepție, efectul direcțional este suprimat din cauza numeroaselor reflexii de pereți. Efectul direcțional al unui difuzor electrodinamic cu pîlnie este foarte accentuat, energia poate fi concentrată într-un unghi solid de 30°.

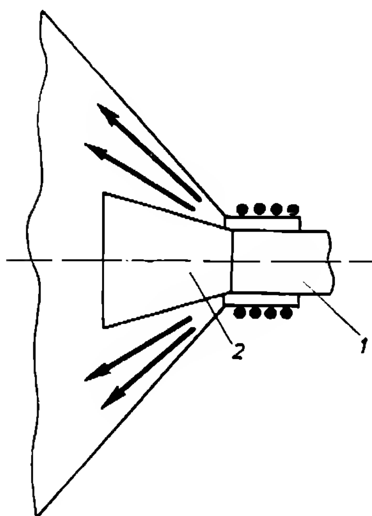


Fig. 154. Membrană antidirecțională:
1 — miez; 2 — con antidirecțional.

Se prezintă pentru comparație diagrama de directivitate a unui difuzor electrostatic în figura 153, *b*.

Puterea nominală a difuzoarelor electrodinamice este în funcție de diametrul difuzorului între 0,2 ... 25 W. Nu se construiesc de puteri mai mari deoarece cresc distorsiunile. Pentru obținerea puterilor mai mari se folosesc mai multe difuzoare.

Randamentul difuzoarelor electrodinamice este între 3 ... 8% pentru difuzoare cu ecran acustic, 6 ... 10% pentru difuzoare cu pîlnie, 15 ... 35% pentru difuzoare cu cameră de compresiune.

Impedanța bobinei mobile, deci impedanța de ieșire a difuzorului electrodinamic este: 2,5; 4; 8; 16; 25; 50 Ω la 400 Hz.

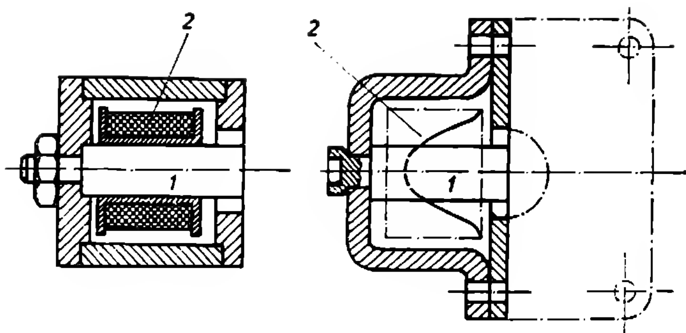
Construcția difuzorului electrodinamic

Circuitul magnetic

Electromagnetul: la difuzoarele cu excitație, circuitul magnetic este compus dintr-un miez central de fier moale pe care se găsește bobina de excitație din sîrmă de cupru emailat, bobinată în vrac pe o carcasă din preșpan de Ø 1,5 ... 2 cm. Chiulasa este turnată sau ambutisată (fig. 155).

Difuzoarele cu excitație au dezavantaje importante: putere suplimentară pentru excitație între 4 și 40 W, orificii în chiulasă pentru degajarea căldurii, zgomote parazite din cauza armonicelor tensiunii de alimentare de la rețea. Aceste zgomote pot fi suprimate prin introducerea unei bobine de compensare în serie cu bobina mobilă, ce are cîteva spire cuplate magnetic cu înfășurarea de excitație; sensul de bobinare este astfel încît tensiunea indusă

Fig. 155. Circuite magnetice pentru difuzoare cu excitație:
1 — miez; 2 — bobină de excitație.

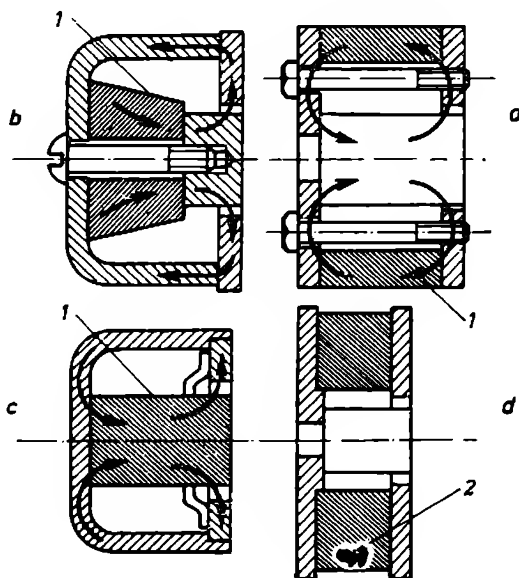


să fie opusă tensiunii induse în bobina mobilă. Acest procedeu are dezavantajul că mărește impedanța de ieșire a difuzorului la frecvențe înalte și cresc pierderile. Un alt procedeu este să se introducă un miez din cupru în apropierea bobinei de excitație, astfel că, curentul indus în miez creează un cîmp de opoziție cu cîmpul parazit; dar acest procedeu duce la micșorarea inductanței înfășurării (eficacitatea filtrării este diminuată).

Magnetul permanent: este realizat din aliaj magnetic de tip Ticonal sau Alcomax cu cîmpul orientat printr-un tratament termic special ceea ce permite obținerea unor energii cu 10 ... 15% mai mari, deci și o reducere a dimensiunilor magnetului și a pieselor polare. Valoarea inducției este 8 000—14 000 Gs și chiar mai mult, iar produsul BH maxim ce corespunde energiei maxime ce se poate obține este 14 000 —40 000 J/m³. Deoarece aceste materiale sînt fragile, se realizează prin turnare în forme simple (fig. 156).

Se construiesc difuzoare electrodinamice cu circuit magnetic din oxizi de fier și cobalt (ferite dure) prin presare. Deși produsul BH maxim este

Fig. 156. Circuite magnetice pentru difuzoare cu magnet permanent:
1 — magnet; 2 — ferită dură.



mai mic decît în cazul magneților din aliaje magnetice (4 000 J/m^3), cîmpul coercitiv este foarte mare, pierderile mici, ceea ce permite construirea unor difuzoare foarte plate și ușoare (fig. 156, *d*).

Piesele polare se realizează din tablă de oțel în mai multe variante constructive, în funcție de forma magnetului (fig. 156, *d*).

La asamblarea circuitului magnetic se evită introducerea prin forță a pieselor polare în magnet, deoarece este fragil și se poate fisura. Magnetul și piesele polare trebuie să aibă suprafețele bine șlefuite pentru ca suprafața de contact între ele să fie cît mai mare, în vederea micșorării reluctanței magnetice.

În figura 156, *a*, magnetul permanent este inelar fixat între două piese polare; randamentul, definit ca raportul dintre fluxul în întrefier și fluxul total, este la acest tip constructiv în jur de 40%.

În figura 156, *b*, magnetul este un trunchi de con central montat pe două piese polare din fier moale, iar chiulasa este din tablă de fier ambutisată; randamentul este aproximativ 55%.

În figura 156, *c*, magnetul este cilindric centrat pe o piesă polară ambutisată. Piesele polare sînt cadmiate. Randamentul poate atinge 70%.

Bobina mobilă

Pentru reproducerea unei benzi de frecvențe cît mai mari, sistemul mobil trebuie să fie cît mai ușor posibil. Masa bobinei și a carcasei se face în jur de 0,8 g; la difuzoare special construite pentru frecvențe joase, bobina și carcasa pot avea cîteva grame.

Pentru putere constantă, deplasarea este invers proporțională cu pătratul frecvenței. De aceea, pentru a nu introduce distorsiuni de amplitudine, bobina trebuie să taie în permanență în timpul funcționării liniile de cîmp magnetic constant, chiar în pozițiile limită. Din acest motiv, bobina mobilă se realizează ca în figura 157. Soluția cu lungimea bobinei ce depășește de ambele părți cîmpul magnetic (fig. 157, *a*) este puțin întrebuințată, din cauza inerției mecanice mari și din cauză că partea de bobină cu spirale în afara liniilor de cîmp nu participă la funcționare prin interacțiune cu cîmpul, provocînd pierderi în rezistența spirelor. Se folosește soluția din fig. 157, *b*, în care bobina are lungimea mai mică și este în permanență în cîmpul magnetic, iar întrefierul

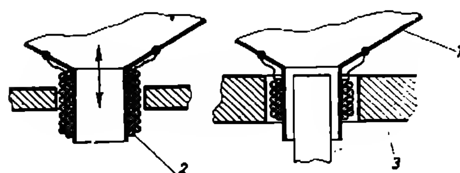


Fig. 157. Bobine mobile pentru difuzoare electrodinamice:

1 — membrană; 2 — bobină mobilă; 3 — piesă polară.

este mult mai lung, ceea ce necesită un magnet mai mare, deci mai scump. Această construcție nu afectează reproducerea frecvențelor înalte și nici randamentul difuzorului.

Sîrma de bobinaj este din cupru sau aluminiu (mai ușoară). Secțiunea sîrmei este circulară; dar în unele construcții se utilizează conductor de secțiune dreptunghiulară sau pătrată, ceea ce permite creșterea volumului bobinei, fără să se mărească întrefierul. În alte tipuri constructive bobina se realizează din două părți separate de un perete ușor; pentru reproducerea

frecvențelor joase ambele părți ale bobinei se deplasează în cîmp; pentru reproducerea frecvențelor înalte, cea mai mare parte a bobinei este șuntată de un condensator, iar singura parte ce se deplasează și antrenează membrana este partea de bobină ușoară rămasă în afara condensatorului.

Bobinarea se face în două straturi (în jur de 60 spire în total) astfel că extremitățile conductorului bobinat sînt de aceeași parte a întrefierului, care sînt apoi sudate la două capse pe membrană sau direct la cele două conductoare flexibile ale transformatorului de adaptare.

Carcasa bobinei este cilindrică, din hîrtie impregnată în rășină formofenolică sau din celuloză pentru a mări rigiditatea. După bobinare, se impregnează pentru a împiedica deplasarea spirelor. Se construiesc difuzoare electrodinamice la care bobinarea nu se face pe carcasă; spirele sînt impregnate într-o rășină sintetică (pentru difuzoare de înaltă frecvență).

Membrana

Concepția membranei necesită multă experiență, pretîndu-se mai puțin la calcul. Dimensiunile, forma, materialele utilizate și ondulațiile membranei determină puterea acustică și banda de frecvență reprodusă de difuzor.

Membrana difuzoarelor de înaltă frecvență se face din duraluminiu, care este mai rigid decît hîrtia și micșorează distorsiunile armonice.

Membranele de interfoane se fac din nylon sau rășină siliconică, care favorizează frecvențele din spectrul vorbelor.

Membranele difuzoarelor electrodinamice normale se realizează din materie primă celuloză. Procesul tehnologic de confecționare a membranelor din celuloză este complex și constă în principal din tocarea foilor de celuloză într-un bazin cu două roți grele realizate din ciment special sau piatră care defibrează parțial foile de celuloză umezite; operația durează 4 ... 5 ore. Urmează o a doua defibrare într-un tambur mobil cu cuțite ce taie celuloza față de o serie de cuțite fixe, prin mișcarea tamburului. Se macină apoi pasta obținută într-un bazin cu palete rotitoare, unde se introduc apă, vopsele și diferite substanțe chimice. Operația de defibrare și măcinare durează aproximativ 24 ore, timp în care se verifică periodic gradul de măcinare. Apa trebuie să fie curată; impuritățile duc la defecte ale membranei. Vopselele și substanțele chimice sînt bine dizolvate în apă caldă și apoi trecute printr-o sită fină.

După defibrare, pasta este trecută într-un bazin de stocare, care poate fi un rezervor din tablă de oțel inoxidabil sau beton placat cu faianță. În bazinul de stocare, pasta de celuloză este în permanență agitată pentru ca celuloza să nu se sedimenteze, agitare ce se execută cu palete acționate de un motor, sau se agită cu aer comprimat.

Fabricarea membranei. Din pasta de celuloză (la care ingredientele introduse dau proprietățile mecanice ale membranei: elasticitate, rigiditate, porozitate etc.), cu o instalație de vid, se formează în sită membrana. În figura 158 se prezintă procedeul modern de fabricare a membranelor de difuzoare. O sită de forma membranei, de care este prinsă o piesă intermediară cu densitate variabilă de orificii pentru realizarea de grosimi diferite de-a lungul unei generatoare, este etanșată la un capac ce comunică cu pompa de vid. Ansamblul este imersat în amestecul omogen de pastă de celuloză și apă, iar prin acționarea pompei de vid, pasta de celuloză rămîne pe sită, luînd forma ei; grosimea este mai mare în dreptul piesei intermediare cu densitate mai mare de orificii,

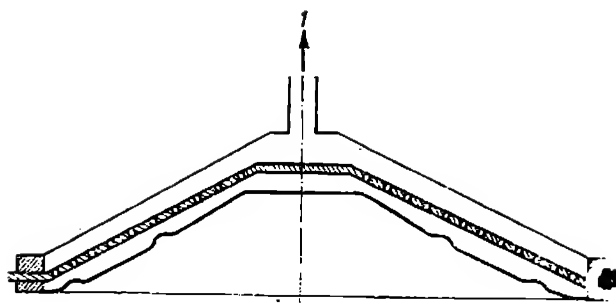


Fig. 158. Formarea membranei difuzoarelor din pastă de celuloză:

1 – spre pompa de vid.

respectiv este mai mică în dreptul piesei intermediare cu densitate mai mică de orificii; apa este absorbită de pompă.

Ondulațiile care se fac la baza conului membranei au rolul de a îmbunătăți suspensia. Rigiditatea acestor ondulații determină în mare măsură frecvența de rezonanță a difuzorului. Rezonanța poate fi amortizată prin micșorarea grosimii membranei spre margine (fig. 159). O suspensie prea ușoară generează subarmonici.

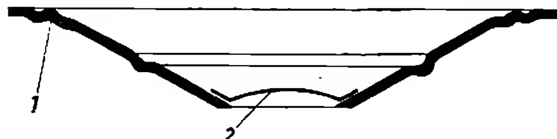


Fig. 159. Membrana difuzorului electrodinamic:

1 – ondulații; 2 – capac protector.

Ondulațiile intermediare ale membranei, prin creșterea flexibilității în aceste puncte ale membranei, determină vibrația ușoară a membranei și deci reproductibilitatea bună a frecvențelor înalte.

Forma membranei în cele mai multe cazuri este *conică*, ceea ce dă rigiditate și greutate mică membranelor. Partea centrală a membranei este obturată de o rondelă din hîrtie pentru a evita pătrunderea prafului în întrefier.

Pentru atenuarea rezonanței la frecvențe joase, anumite tipuri constructive au conul membranei pînă la vîrf (fig. 161, *b*), iar miezul are profilul corespunzător.

Dimensiunile membranei sînt cu atît mai mari cu cît frecvența de reprodus cea mai joasă este mai mică. În figura 160 se prezintă răspunsuri în frecvență a unui difuzor electrodinamic (același miez) la care s-au adaptat membrane de diferite diametre.

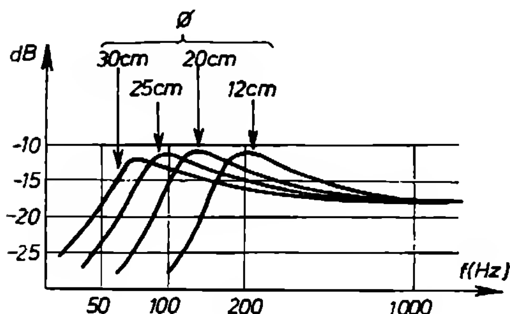


Fig. 160. Influența diametrului membranei ⌀ asupra răspunsului în frecvență al difuzorului electrodinamic.

Pentru tipurile constructive de difuzoare electrodinamice cu membrane de diametre mari, vibrațiile la frecvențe mari sînt limitate de regiunea centrală a membranei. De aceea, pentru reproducerea acutelelor, pe bobina mobilă se fixează un trunchi de con ușor din hîrtie sau duraluminiu, care este liber în partea superioară (fig. 161, *a*).

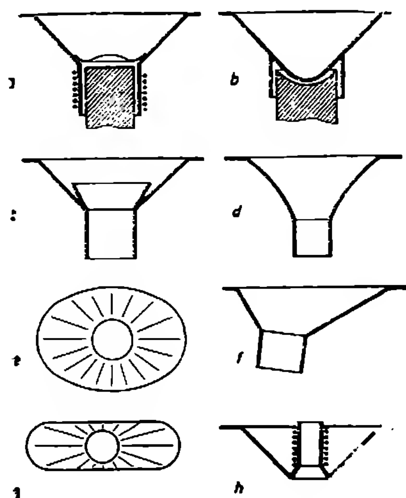


Fig. 161. Diferite forme constructive de membrane pentru difuzoare.

Se fabrică membrane de difuzoare și de alte forme decît conice. De exemplu, membrana exponențială (fig. 161, *d*), îmbunătățește răspunsul la înalte frecvențe, avînd și o directivitate pronunțată. Alte tipuri constructive au coroana membranei conică, iar vîrful de formă exponențială; bobina mobilă este fracționată: numai o parte ușoară a bobinei vibrează la frecvențe înalte și antrenează membrana exponențială. La frecvențe joase întreg ansamblul bobină membrană vibrează.

Forma eliptică a membranei (fig. 161, *e*) are avantajul unor dimensiuni reduse; randamentul de transformare a vibrațiilor mecanice în vibrații acustice este însă mic. Difuzorul eliptic trebuie montat cu axa mare verticală pentru a avea o repartiție mai bună a componentelor de frecvență înaltă în plan orizontal. Unele forme constructive de difuzoare sînt foarte alungite (fig. 161, *g*), cînd locul unde sînt plasate este limitat, în detrimentul benzii de frecvență (electrofoane, televizoare etc.).

Pe difuzoare eliptice se pot monta *membrane* de forme *descentrate* (scoică) (fig. 161, *f*), care permit orientarea oblică a sunetului (difuzoarele laterale de la receptorul de televiziune).

O altă formă de membrană de difuzor electrodinamic este *conul invers*, (fig. 161, *h*), care permite construirea de modele foarte plate, utilizate în aparatura portativă și electrofoane. Dispunerea magnetului permite reducerea pierderilor magnetice. Pentru difuzoarele electrodinamice cu aceleași caracteristici, avînd diametrul de 120 mm, grosimile difuzoarelor sînt respectiv 61 mm (membrană normală și magnet din ticonal), 35 mm (membrană inversă și magnet ticonal) și 26 mm (membrană inversă și ferită).

În timpul procesului tehnologic de fabricare a membranelor se fac anumite controale (agitarea amestecului de pastă de celuloză cu apă, etanșeitatea

garniturilor etc.). Controlul final al membranei constă în verificarea greutății membranei (cu ajutorul unor cîntare sensibile, maxim 10 g sau 25 g), măsurarea grosimii membranei (prin sondaj se iau membrane care se secționează după mai multe generatoare și se controlează în mai multe puncte grosimea), higroscopicitatea (se toarnă pe membrană cîteva picături de apă care nu trebuie să fie absorbite timp de 30 s), elasticitatea (cu procedee mecanice obișnuite), frecvența de rezonanță a membranei (un difuzor cuplat la un generator de frecvență variabilă creează un cîmp acustic asupra membranei de măsurat care este fixată într-un suport; optic și acustic se observă frecvența la care are loc rezonanța.

Centrajul

Jocul lateral între bobina mobilă și piesele polare nu depășește 0,1 ... 0,25 mm și se asigură de către un centraj special executat. El nu trebuie să opună rezistență mecanică la deplasarea bobinei în cîmpul magnetic, pentru a nu introduce distorsiuni de amplitudine. Trebuie să fie ușor, să nu dea rezonanțe proprii și să nu se deformeze la acțiunea umidității și cu temperatura. Trebuie să aibă rigiditate laterală și suspensie ușoară.

Inițial s-au folosit centraje din carton impregnat în lac de bachelită fixate pe miez în centrul acestuia (fig. 162, *a*).

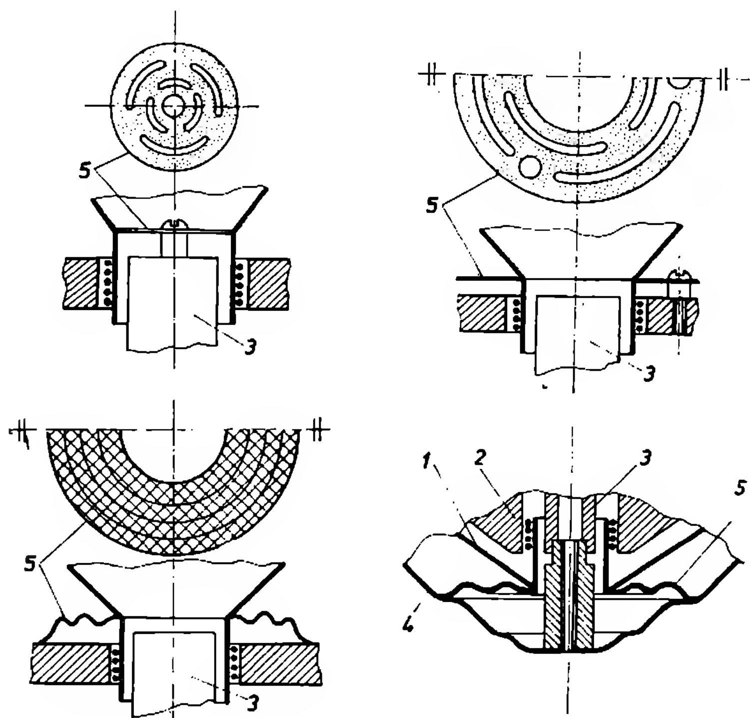


Fig. 162. Tipuri constructive de centraje ale sistemului mobil la difuzoarele electrodinamice:

1 — membrană; *2* — magnet; *3* — miez; *4* — șasiu; *5* — centraj.

Centrajele se confecționează din țesătură de bumbac impregnată în lac de bachelită, care este tăiată la ghilotină în pătrate sau cercuri, iar forma ondulată se obține prin presare pe un profil adecvat. Centrajul se prinde de piesele polare prin trei șuruburi, sau la tipurile constructive de difuzoare electrodinamice mai noi se suspendă de piesele polare (fig. 162, *b, c, d*). Suspensia asigură un centraj mai bun, o flexibilitate mai mare, deci vibrații mai mari de amplitudine, o redare mai bună a frecvențelor înalte. În plus, centrajul în exterior protejează împotriva pătrunderii prafului în întrefierul circuitului magnetic. Difuzoarele electromagnetice de diametre mici nu au centraj.

Șasiul

Șasiul difuzoarelor de gabarite mici și mijlocii (fig. 163) se execută din tablă de oțel dublu decapată. Șasiurile difuzoarelor mari se toarnă din aliaje de aluminiu. Șasiul menține baza membranei și întreg circuitul magnetic.

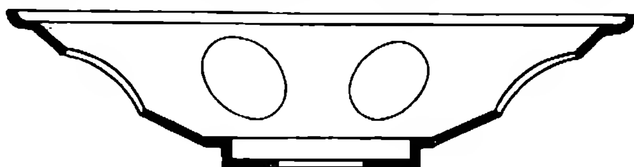


Fig. 163. Șasiu de difuzor electrodinamic.

Prinderea membranei de șasiul difuzorului se face în general prin ondulații prin intermediul unei rondele de fetru sau plută ce amortizează vibrațiile (fig. 164, *a*). O altă soluție de prindere a membranei este cu rondelă de piele sau poliuretan (fig. 164, *b*).

Se realizează suspensii duble (fig. 164, *c*), care complică asamblarea, dar mărește banda de frecvență reprodusă. Un alt procedeu de prindere este

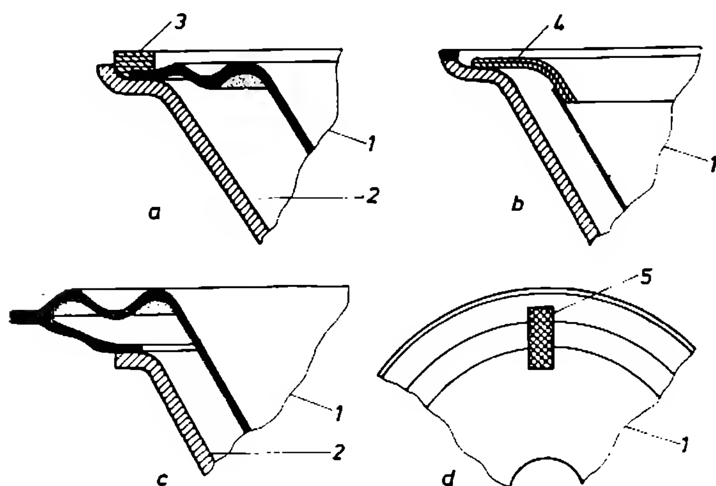


Fig. 164. Sisteme de prindere a membranei de șasiul difuzorului:

1 — membrană; *2* — șasiu; *3* — pislă sau fetru; *4* — piele sau poliuretan; *5* — lamele din material textil impregnat.

prin trei lamele din material textil impregnat, lipite prin încleiere de șasiu; marginea membranei este liberă (fig. 164, *d*).

Ecranul acustic

În timpul vibrației, la o deplasare a membranei, aerul este comprimat de o parte a membranei și rarefiat de cealaltă parte a membranei (fig. 165, *a*). O parte din aerul comprimat de o parte a membranei înconjură membrana

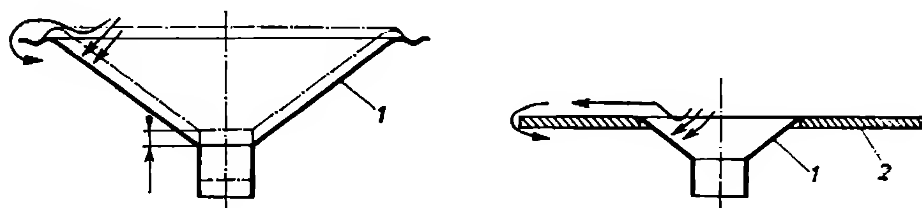


Fig. 165. Explicarea rolului ecranului acustic:
1 — membrană; 2 — ecran.

și completează aerul rarefiat de cealaltă parte a membranei. Din această cauză apare o atenuare a frecvențelor joase redate, frecvențe pentru care traseul parcurs de aer în această înconjurare este scurt. Pentru a împiedica acest efect, difuzorul este fixat pe un ecran rigid, care mărește traseul acustic între cele două fețe ale membranei.

Eficacitatea unui ecran acustic este cu atît mai bună cu cît este mai mare și aceasta pentru a reproduce componentele de frecvență cele mai joase din spectrul semnalului. Pentru un ecran circular se consideră practic suficient un diametru mai mare sau cel puțin egal cu jumătatea lungimii de undă cea mai mare din spectru. De exemplu: viteza sunetelor 340 m/s, frecvența minimă 34 Hz, rezultă lungimea de undă maximă 10 m; este practic imposibil de a realiza un ecran de 5 m. Se obține un efect echivalent construind casetele difuzoarelor sub forma unor cutii cu labirint acustic, dînd o formă neregulată, deoarece cînd diametrul ecranului este egal cu un număr impar de jumătăți de lungimi de undă, unda emisă este întărită, iar cînd diametrul este egal cu număr par de jumătăți de lungimi de undă, unda este atenuată. Prin forme cît mai neregulate se repartizează aceste efecte pentru toate frecvențele joase din bandă. Influența ecranului este neglijabilă pentru frecvențe mai mari de 1 000 Hz.

Pentru difuzoare introduse în pereții încăperilor, peretele reprezintă un ecran acustic ce poate fi considerat infinit (fig. 166, *a*). Pentru pereții mai groși de 6 ... 7 cm se preferă îngroparea difuzorului (fig. 166, *b*).

Ecranele acustice plane se realizează cît mai asimetrice, forma cea mai bună a ecranului, la care este împiedicată favorizarea unei anumite frecvențe este cea prezentată în fig. 166, *c*, unde lungimea variază în raportul 1 ... 2. O soluție mai simplă de realizat constructiv este cea din fig. 166, *d*.

Se construiesc ecrane acustice sub forma unor casete deschise (fig. 166, *e*), la care adîncimea se ia egală cu jumătate din cea mai mare dimensiune a panoului frontal, pentru a împiedica rezonanța masei de aer în interiorul casetei. Ecranul acustic sub formă de casetă cu deschidere pe panoul frontal (fig. 166, *f*) are avantajul unei creșteri a eficacității radiației frecvențelor joase, distorsiuni neliniare mai mici, elimină rezonanțele acustice pe care le prezintă ecranele acustice obișnuite. Pereții interiori sînt căptușiți cu fetru sau plastic expandat (grosime 2,5 cm) care absorb undele reflectate la frecvențe înalte, pentru a nu se produce unde staționare.

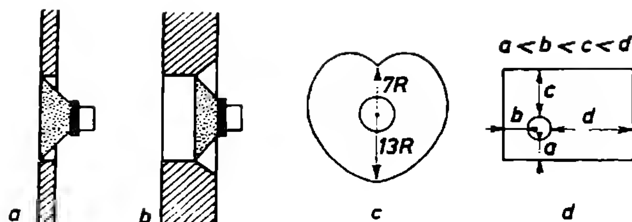
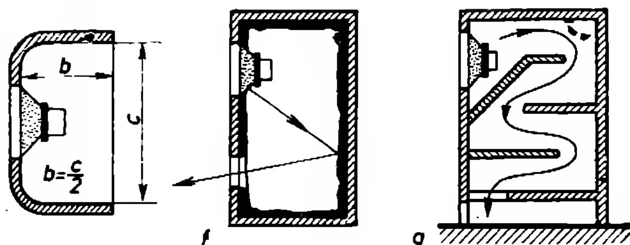


Fig. 166. Ecrane acustice pentru difuzoare.



Ecranul acustic sub formă de labirint (fig. 166, *g*) căptuşit, de asemenea, în interior este calculat astfel ca lungimea parcursă de undele sonore de frecvenţe joase să dea o întărire a radiaţiei acustice (unda directă şi unda reflectată să fie în fază; de exemplu, pentru $f_j = 60$ Hz, lungimea labirintului este 1,35 m).

Pîlnia difuzorului

Pîlnia reprezintă un adaptor de impedanţă acustică între membrană şi aerul liber, ceea ce duce la mărirea randamentului transformării. Pîlnia este un tub cu secţiune continuu variabilă. Pîlniile cu deschidere bruscă nu redau bine frecvenţele joase. De aceea, pentru redarea frecvenţelor joase sînt necesare pîlnii cu deschidere lentă, lungimile pîlniilor ajungînd, astfel, destul de mari. Calculele arată că pîlnia de formă exponenţială (fig. 167, *a*) este

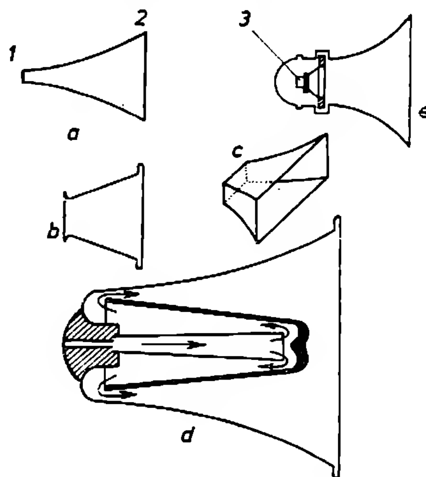


Fig. 167. Pîlnii de difuzoare: 1 — gît; 2 — pîlnie; 3 — difuzor.

cea mai bună. Se folosesc însă forme simple, care sînt mai ieftine (conice, fig. 167, *b* și rectangulare, fig. 167, *c*). Pentru ca difuzorul să nu ocupe un spațiu prea mare se utilizează construcții concentrice; de exemplu, în figura 167, *d*, pîlnia este executată din trei tronsoane pliate. Gura pîlniei trebuie să fie cel puțin egală cu un sfert din lungimea de undă a frecvenței celei mai joase ce trebuie redată (la $f_j = 200$ Hz diametrul pîlniei trebuie să fie cel

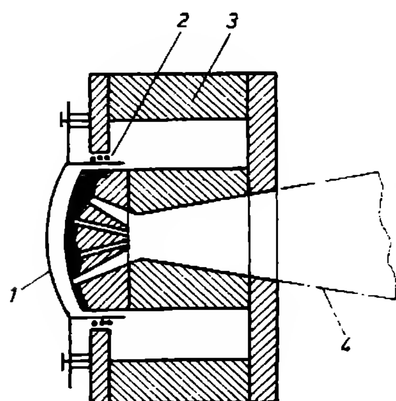


Fig. 168. Difuzor electrodinamic cu cameră de compresie:
1 — membrană; *2* — bobină mobilă; *3* — magnet; *4* — pîlnie.

puțin de 43 cm). Pentru a nu se deteriora membrana din cauza amplitudinilor mari la frecvențe joase la care membrana nu are sarcină, adică la frecvențe mai mici decît frecvența de tăiere a pîlniei, în cutia difuzorului se introduce un filtru trece sus.

Pîlniile se realizează din duraluminiu prin turnare sau din tablă de aluminiu. Randamentul difuzoarelor crește de la 3 ... 8% la difuzoarele cu ecran acustic, pînă la 8 ... 10% la difuzoarele cu pîlnie.

Încărcarea mai eficientă a difuzorului și creșterea rezistenței de radiație a difuzorului cu pîlnie se obțin cu *camera de compresiune*. Randamentul acustic poate fi crescut pînă la 15 ... 35%. Bobina antrenează membrana ușoară și rigidă din duraluminiu. Camera de compresiune are mai multe orificii de diametre mici care duc la gîtul pîlniei (fig. 168). Membrana, prin deplasarea ei, comprimă aerul în camera de compresiune, compresiune ce se propagă din aproape în aproape în straturile de aer din pîlnie.

Procesul tehnologic de asamblare a difuzorului se execută pe benzi de montaj situate în locuri bine aerisite, din ansamblul magnet, ansamblul mobil, ansamblul șasiu cu garniturile amortizoare, realizate prin ștanțare din carton, pîslă, fetru sau aglomerat de plută, după forma șasiului și constă în:

— *asamblarea sistemului magnet* pe șasiu;

— *magnetizarea magnetului*, după curățire cu aer comprimat a întrefierului, cu magnetizor și control cu fluxmetru cu bobină sondă; magnetizarea înainte

de montarea ansamblului mobil este mai avantajoasă deoarece permite curățirea cu aer comprimat a întrefierului (se folosește și procesul de magnetizare după efectuarea operației de asamblare a sistemului mobil);

— *montarea ansamblului mobil* cu ajutorul unei bucșe de ghidare care centrează ansamblul mobil față de bolț. Cele două extremități ale bobinei sînt conectate la două capse fixate pe membrană. Două conductoare electrice din cupru lițat (flexibile) asigură legătura dintre aceste capse și două borne, izolate, de pe șasiul difuzorului. În acest fel nu se perturbă deplasările membranei. În alte construcții, nu se folosesc capse pe membrană, ci direct se sudează sau se lipesc, cu aliaj de lipit pe bază de cositor, terminalele bobinei la conductoarele flexibile de ieșire la bornele de pe șasiu. Lipirea marginilor membranei și a centrajului se face cu adeziv injectat cu seringi, cu pistol sau în instalații semiautomate. Urmează apoi **uscarea difuzoarelor** prin trecerea printr-un tunel încălzit cu rezistență electrică sau cu becuri cu radiații infraroșii timp de 20 ... 30 min. Uscarea definitivă are loc prin depozitare timp de 24 ore;

— *controlul* în banda de fabricație (încercările de lot) la toate difuzoarele constă în: controlul vizual al execuției mecanice, proba de vibrații, măsurarea frecvenței de rezonanță, proba de audiție muzică și vorbă.

Încercările de tip, în laborator, care se execută lunar sau la modificări ce apar în procesul de fabricație, au în plus măsurarea impedanței nominale, caracteristicii de frecvență, diagramei de directivitate, distorsiunilor armonice, distorsiunilor subarmonice, încercări mecanice și climatice.

— *încasetarea difuzorului:* se folosesc ca ecrane acustice casete realizate din lemn (cel mai bun fiind lemnul de brad care are proprietăți rezonatoare superioare altor esențe; dar se utilizează și fagul, paltinul pentru calitățile estetice decorative; lemnul nu trebuie să aibă o umiditate mai mare de 8 ... 12%), metal sau material plastic.

Racordarea pentru sonorizare a difuzoarelor cu amplificatorul, cînd distanța este mai mică de 50 m se face printr-un cablu de impedanță joasă. Mai multe difuzoare pot fi montate în serie, paralel, serie-paralel. Pentru distanțe difuzoare-amplificator mai mari de 50 m se folosește cablulul de 500 Ω cu transformator de adaptare pentru fiecare difuzor, difuzoarele fiind montate în paralel. Adaptarea impedanțelor este realizată cînd suma puterilor difuzoarelor montate este egală cu puterea nominală a amplificatorului.

În încheierea prezentării difuzoarelor, se dă în figura 169 construcția unui difuzor electrodinamic modern; membrana este realizată prin aplicarea unor fibre de carbon pe materialul de bază, ceea ce duce la caracteristici rezonante foarte slabe. Bobina mobilă este astfel montată ca să fie echilibrată dinamic, ceea ce duce la reducere însemnată a distorsiunilor și la un randament bun.

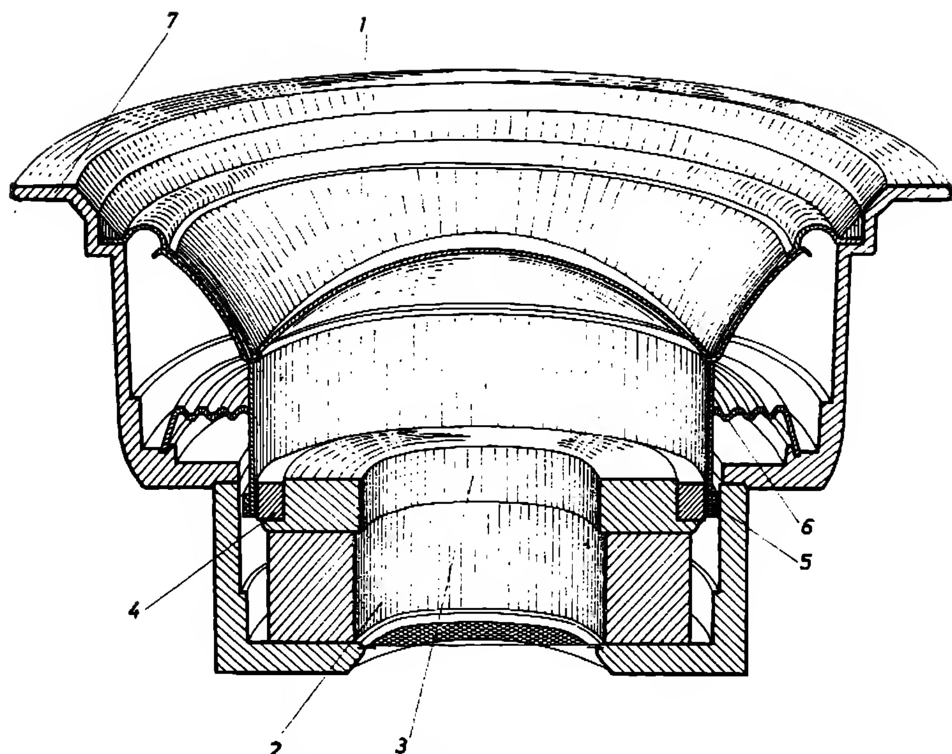


Fig. 169. Difuzor electrodinamic de construcţie modernă:
1 – membrană cu fibre de carbon; 2 – magnet; 3 – piesă polară; 4 – inel de aliaj pe bază de siliciu; 5 – bobină mobilă; 6 – centraj; 7 – şasiu.

5.3. CONSTRUCŢIA SUBANSAMBLURILOR FUNCŢIONALE DE ÎNREGISTRARE A SUNETELOR

Înregistrarea este tehnica ce permite fixarea unei informaţii pe un suport material cu scopul de a o conserva şi a o reproduce după dorinţă.

Suportul material pentru înregistrarea semnalelor poate fi: disc, bandă, fir sau disc magnetic, peliculă fotografică.

5.3.1. ÎNREGISTRAREA PE DISC A SEMNALELOR AUDIO

Discurile turnate se obţin prin turnarea unui termoplast într-o matriţă realizată de pe un disc înregistrat. Sînt două tipuri de discuri (fig. 170): discuri cu şanţ normal şi discuri cu microşanţ (microsillon), care se caracterizează prin parametrii prezentaţi în tabelul 24.

Pasul şanţului exprimă numărul de spire (şanţuri) pe unitatea de lungime; de obicei pasul este constant. Dar există şi procedeul de înregistrare cu pas variabil între 100 ... 125 şanţuri/cm.

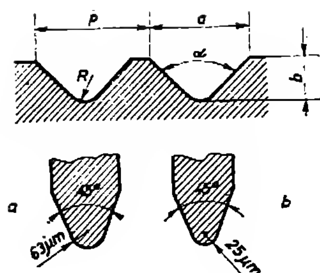


Fig. 170. Profilul șanțurilor și al acelor de citire pentru disc normal (*a*) și disc microsillon (*b*).

Tabelul 24

Parametrii discurilor cu sanț normal și microșanț

Caracteristica	Șanț normal	Microșanț
Forma	Triunghiulară, cu vîrf rotunjit	Triunghiulară, cu vîrf rotunjit
Unghiul α	90°	90°
Lățimea *a*	0,125 ... 0,170 mm	0,05 ... 0,08 mm
Adîncimea *b*	0,05 ... 0,15 mm	0,03 ... 0,04
Pasul *p*	0,25 mm	0,1 mm
Numărul de șanțuri/cm	40	100
Raza *R*	37 μm	12 μm

Viteza de rotație a discului trebuie să fie perfect constantă; la sistemele mai vechi de redare, turația este de 78 ture/min; picupurile moderne au 45; $33\ ^1/_3$ și $16^2/_3$ turații/min. Diametrele standardizate de discuri sînt: Ø 30 cm și Ø 17,25 cm. Un disc microsillon cu diametrul exterior de Ø 30 cm la o turație de $33^1/_3$ turații/min este audiat în 23 min, numai pe o față, iar lungimea șanțului este aproximativ 1 km.

Realizarea discurilor se execută prin *gravarea laterală* a șanțului. *Gravarea în adîncime* nu mai este utilizată.

Gravarea cu viteză constantă: acul de gravare are o viteză constantă liniară pe discul de înregistrat, indiferent de frecvența semnalului. Rezultă deci, că la frecvențe mai mari amplitudinea deplasărilor este mică. De aceea, este necesar ca amplitudinea componentelor de frecvență joasă să fie cît mai mare pentru a se conserva o amplitudine suficientă la frecvențe ridicate. Se utilizează acest procedeu de înregistrare a semnalelor pe discuri ce se fabrică pentru 78 turații/min pentru frecvențe mai mari de 250 Hz; pentru frecvențe mai mici de 250 Hz se folosește procedeul de gravare cu amplitudine constantă (fig. 171).

Gravarea cu amplitudine constantă este utilizată la gravarea discurilor cu microșanț; amplitudinea oscilațiilor acului de gravare este constantă în întreaga bandă de frecvență (30 ... 15 000 Hz). Se obține, astfel, o dinamică de redare mult mai mare (raportul între semnalele de intensitate mare, fortissimo, și semnalele de intensitate mică, pianissimo), zgomotul de fond este mai slab, raportul dimensiunilor urmelor pe disc fiind mult mai mare (fig. 171, *b*) decît în gravarea cu viteză constantă (*a*).

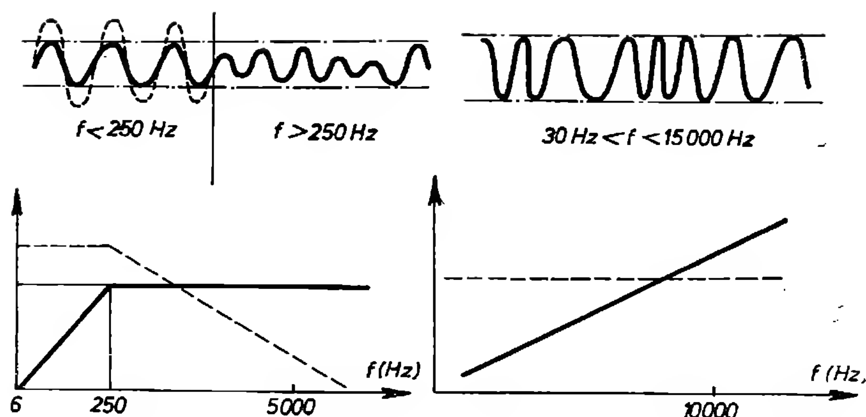


Fig. 171. Gravarea discurilor cu viteză constantă (*a*) și cu amplitudine constantă (*b*).

Gravorul sau doza de înregistrare din instalațiile profesionale transformă semnalele electrice audio în deplasări ale acului pe discul de înregistrat. Se folosesc doze electrodinamice care au o bandă de frecvență de 30 ... 15 000 Hz, cu o neuniformitate de ±1 dB și distorsiuni mai mici de 0,3%. Doza de gravare este realizată dintr-un magnet permanent, piese polare în întrefierul cărora o armătură mobilă față de un punct de sprijin central susține în partea inferioară acul de gravare (fig. 172). Acul de gravare este din oțel pe un suport realizat prin injecție sub presiune din zamac sau silumin. Acul este încălzit electric la aproximativ 60°C. Curentul electric, proporțional cu semnalul de înregistrat, trece prin două înfășurări situate simetric față de punctul de sprijin al armăturii mobile, astfel că efectele interacțiunii cu cîmpul magnetic constant se adună. În partea superioară, armătura mobilă are limitată mișcarea de oscilație în cîmpul magnetic, de către un amortizor din cauciuc.

Dispozitivul de gravare fiind inductiv (fig. 172), caracteristica impedanței lui este dependentă de frecvență. Pentru o amplitudine constantă a tensiunii în înfășurarea de comandă (gravare cu amplitudine constantă, numită comandă în tensiune sau ritm de vibrație), curentul, respectiv cîmpul magnetic și, deci, vibrațiile acului gravor devin dependente de frecvență (fig. 171, *b*). Dacă amplitudinea semnalului de intrare este de curent constant în înfășurarea de comandă (gravare cu viteză constantă, numită comandă în curent sau distanță de vibrație), atunci tensiunea rezultată, respectiv amplitudinea de gravare, devin dependente de frecvență (fig. 171, *a*).

Discul original se înregistrează de pe bandă magnetică, deoarece se pot realiza mixaje, tăieri, montări etc. Înregistrarea se face pe un disc din ceară specială sau din aluminiu acoperit cu acetat de celuloză. În timpul gravării, discul este menținut perfect orizontal de un sistem pneumatic. În timpul gravării se urmărește cu microscopul tăierea șanțului.

De pe discul original se realizează *discul tată:* se acoperă discul original cu un strat fin de argint prin reducerea azotatului de argint. Se depune galvanic un strat de nichel, care este apoi îngroșat prin depunere de cupru, (fig. 173, *b*).

Discul mamă se obține de pe discul tată, de asemenea, prin depunere galvanică (fig. 173, *c*). Discul mamă se verifică prin audiție și se fac corecturi.

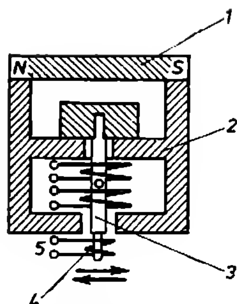


Fig. 172. Gravorul electrodinamic:

1 — magnet permanent; 2 — piese polare; 3 — armătură mobilă; 4 — acul de gravare; 5 — circuitul de încălzire a acului gravor.

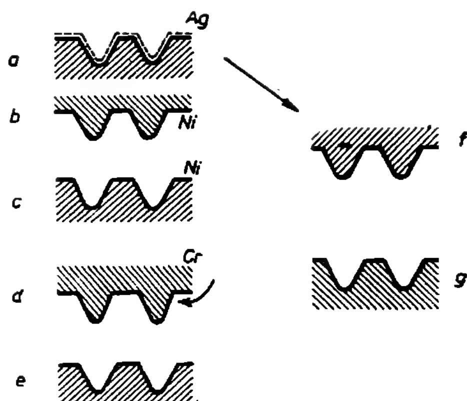


Fig. 173. Etapele de realizare a discurilor.

Urmează realizarea matriței de pe discul mamă prin depunere electrochimică ca și la executarea discurilor tată și mamă; în plus, pentru a se crește duritatea matriței, se face o depunere superficială de crom. Cu o matriță, prin presare hidraulică a rășinii vinilice încălzită la 100°C (în timpul presării temperatura crește pînă la 150°C), se execută aproximativ 1 000 discuri. Demularea discului de pe matriță se execută prin readucerea la o temperatură în jur de 50°C.

În cazul realizării unui număr limitat de discuri de calitate mai slabă, se execută de pe discul original o matriță metalică din care se presează un singur tiraj de discuri (fig. 173, *f*, *g*).

Defectele discurilor se pot datora unor amplitudini prea mari ale gravării, ce duc la existența unor puncte de intersecție între marginile a două șanțuri: diafonia între șanțuri (modulația executată într-un șanț a modificat la executarea discului original șanțul vecin); zgomot de suprafață (semnale parazite date de neregularitățile de la suprafața discului și din cauza unei vibrații verticale a gravorului la înregistrare).

5.3.2. ÎNREGISTRAREA MAGNETICĂ A SEMNALELOR

Prin schimbarea stării de magnetizare a unei benzi feromagnetice se înregistrează semnale audio, impulsuri, semnale lent variabile, semnale video etc.

Dimensiunile standardizate ale benzilor sînt: 6,245 ± 0,0025 mm; în instalații profesionale 12,7—25,4 mm și 50,8 mm pentru semnale video. În tehnica de calcul se utilizează și lățimi mai mari ale benzilor. Două piste sînt înregistrate fiecare pe o lățime de 2,25 mm separate printr-o zonă neutră de 0,75 mm.

Grosimea peliculei variază între 70 μm și 20 μm (55 μm, 35 μm, 25 μm). Stratul activ (magnetic) este de 9 ... 15 μm grosime. Diametrul rolelor pe

care se înfășoară banda magnetică este între ⌀80 și 250 mm (lungimi de bandă între 60 și 1 250 m).

Vitezele normalizate sînt 2,4; 4,75; 9,5; 19,05 (normală); 38,1 și 76,2 cm/s (în instalațiile profesionale; banda de frecvență redată crește cu viteza).

Benzile magnetice se fabrică în două variante: benzi omogene (materialul feromagnetic este dispersat în masa suport) și benzi neomogene (stratificate — materialul magnetic este depus pe suportul mecanic).

Materialul feromagnetic este format din oxizi de fier de 0,1 ... 1 μm.

1. *Procesul tehnologic de preparare a oxizilor de fier* este următorul:

— precipitarea sulfatului de fier sau a clorurii de fier în amoniac sau sodă;

— oxidarea precipitatului în oxigen, clorat de potasiu, nitrați, pentru obținerea oxidului de fier nemagnetic, FeO, ce este un precipitat galben;

— reducerea precipitatului într-un tub cu atmosferă de hidrogen pentru obținerea magnetitei, Fe_3O_4 (oxid feros);

— oxidarea magnetitei in aer, pe tăvi, prin încălzire la aproximativ 400°C, obținîndu-se oxidul feric, Fe_2O_3, cristalizat cubic de culoare galben brun, folosit pentru benzi la viteză mică, și cristale sub formă de ace de culoare maroniu închis, folosite pentru benzi la viteză mare;

— obținerea lacului magnetic: în mori cu bile, se amestecă timp de aproximativ 40 ore oxid feric, acid oleic, rășini epoxidice micromoleculare, dimetilsilicon, solvenți, adaosuri speciale pentru a da adeziune stratului magnetic la suport. Se folosesc și mori satelit (moara se găsește într-un cilindru rotitor), în care durata de omogenizare este mult redusă (4 ... 5 ore).

2. *Pregătirea suportului mecanic.* Materialul plastic este turnat, apoi extrudat și calandrat. Ca materiale se folosesc: triacetat de celuloză, trinitrat de celuloză, clorură de polivinil, poliesteri (din folii Mylar se obțin foliile subțiri de 20 μm).

3. *Depunerea stratului activ* se realizează pe suportul mecanic prin metodele utilizate în tipărirea cu paste și cerneluri (fig. 174, *a*, *b*).

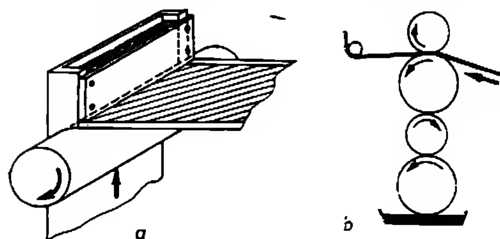


Fig. 174. Depunerea stratului activ pe banda suport in realizarea benzilor magnetice.

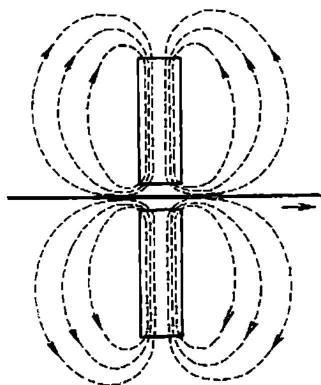
Lacul magnetic se află în călimară și printr-o fantă reglabilă în funcție de viscozitatea lacului, și de grosimea stratului ce trebuie depus, este așternut pe banda suport care se deplasează prin fața fantei (fig. 174, *a*).

Procedeul de depunere prin rotogravare constă în culegerea lacului dintr-un rezervor de către o rolă de culegere, transpunerea lui pe o rolă de transmisie și apoi la rola de depunere (fig. 174, *b*), care așază lacul magnetic pe banda suport. Depunerea este uniformă, dar rolele se uzează destul de repede; procedeul este din această cauză relativ scump.

Instalația întreagă de depunere mai conține:

— un aspirator și o sursă de radiații radioactive care dispersează sarcinile electrice acumulate pe banda de material plastic în mișcare;

— un cuptor cu aer cald (80°C) pentru uscarea depunerii magnetice;
— un dispozitiv de orientare: banda este trecută printr-un cîmp magnetic creat de un circuit cu polii de același fel îndreptați spre bandă (fig. 175).


Fig. 175. Orientarea particulelor magnetice înainte de uscarea benzii magnetice.

Cîmpul magnetic tinde să alinieze unidirecțional particulele de material magnetic. Orientarea se face cu scopul măririi sensibilității benzii magnetice și al micșorării zgomotului de fond;

— un calandru: prin trecerea pe un tambur încălzit, materialul magnetic este presat pe banda suport; prin aceasta adeziunea între materialul magnetic și suport este accentuată, iar materialul magnetic este netezit.

Instalația de depunere a stratului activ pe suportul de material izolant este prezentată în figura 176.

Benzile magnetice omogene se execută din amestecul a 25 ... 35% oxid feric cu acetat sau nitrat de celuloză sau cu acetat de polivinil. Instalația de fabricare a benzilor magnetice omogene se compune, de asemenea, din

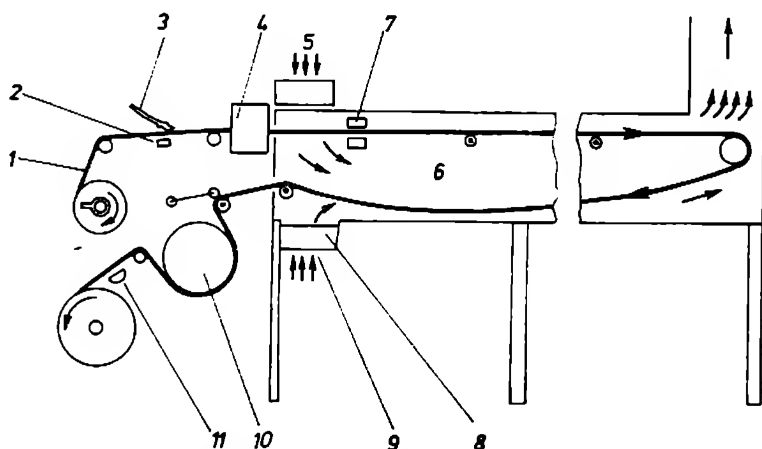


Fig. 176. Depunerea stratului magnetic pe banda suport in instalația de fabricare a benzilor magnetice neomogene:
1 — banda suport; *2* — sursă radioactivă; *3* — aspirator; *4* — dispozitiv de depunere; *5* — aer cald; *6* — cuptor; *7* — dispozitiv de orientare; *8* — încălzitor de aer; *9* — filtru de aer; *10* — calandru cald; *11* — lampă de control.

principalele părți prezentate la instalația de realizare a benzilor neomogene, dar, în plus apare o moară de amestec a componenților.

Următoarea fază a procesului tehnologic este *tăierea la dimensiuni a benzilor.* Înnădirea benzilor pentru obținerea lungimilor de bandă standardizate se face prin tăierea muchiilor la o înclinare de 45°, iar secțiunea benzii este ușor ștrangulată pentru a se compensa șocul de trecere prin fața capului de înregistrare sau redare în porțiunea înnădită.

Rolele pe care se bobinează benzile magnetice sînt din polistiren injectat. Se execută din două jumătăți, care sînt apoi lipite cu lac de polistiren sau benzen.

Controlul benzilor magnetice constă în controlul dimensiunilor (lățimea: optic cu sisteme automate; lungimea: kilometraj la bobinarea rolelor), controlul parametrilor mecanici (alungirea: un metru de bandă timp de un minut la 20°C este supus unui efort de întindere de 1 kgf; rezistență la rupere: efortul în timpul redării și înregistrării este de maxim 0,25 kgf și de maxim 0,75 kgf, la pornire și oprire, rezistența la rupere se încearcă cu un efort de cel puțin 2 kgf), controlul magnetic (se vizualizează pe osciloscop curba de magnetizare), sensibilitatea benzii (prin înregistrarea pe bandă a unui semnal etalon de 1000 Hz), dinamica benzii (ca raport al tensiunilor rezultate la dispozitivul de redare cînd pe bandă s-a înregistrat un semnal de 1 000 Hz și cînd semnalul a fost deconectat), atenuarea de ștergere (raportul tensiunilor de ieșire ale unor capete standard de pe bandă înainte și după ștergere).

Forța coercitivă dă calitatea de reproducere a semnalelor, determină nivelul frecvențelor cele mai înalte ce pot fi înregistrate la o anumită viteză a benzii. Forța coercitivă a benzilor magnetice cu oxid feric este pînă la 370 Oe (fig. 177). S-au realizat în ultimul timp benzi magnetice cu oxid feric cristalizat sub formă de ace foarte subțiri, mult mai bine orientate față de cristalele oxizilor ferici ale benzilor magnetice obișnuite (fig. 177, *b*).

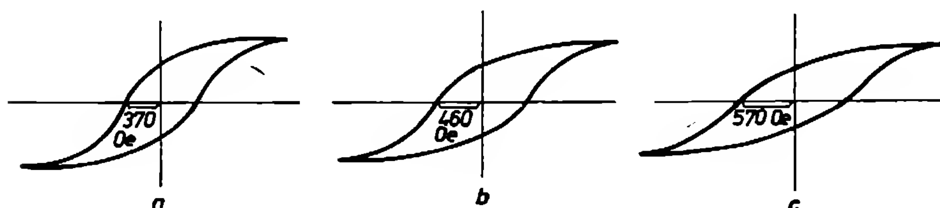


Fig. 177. Curbele de histerezis ale diferitelor benzi magnetice:
a — cu cristale de oxid feric; *b* — cu cristale formate din oxid feric; *c* — cu cristale de bioxid de crom.

În fig. 178 se prezintă microfotografiile oxizilor feric (*a*), feric format (*b*) și bioxid de crom (*c*). Benzile magnetice moi cu bioxid de crom utilizează

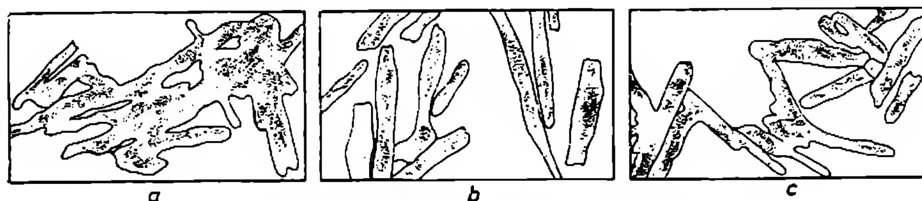


Fig. 178. Microfotografii ale oxizilor benzilor magnetice:
a — oxid feric; *b* — oxid feric format; *c* — bioxid de crom.

particule magnetice sintetice cu un cîmp coercitiv mult mai mare decît al benzilor cu oxid feric. Din aceasta rezultă că densitatea fluxului de saturare are loc la o lungime de undă mai mică, adică la o frecvență mai mare și se obține un răspuns în frecvență mai bun și distorsiuni de compresie și intermodulare mai mici.

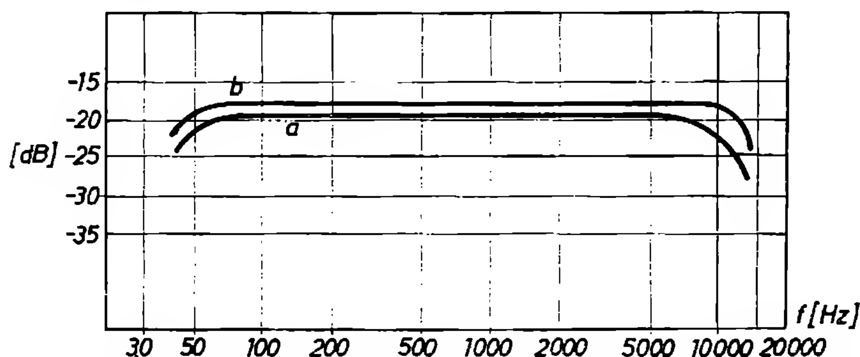


Fig. 179. Răspunsurile în frecvență ale unei benzi magnetice cu oxid feric (*a*) și ale unei benzi magnetice cu oxid feric format (*b*).

Se prezintă pentru comparație caracteristicile de răspuns în frecvență ale unei benzi cu oxid feric (fig. 179, *a*) și ale unei benzi cu oxid feric format (fig. 179, *b*), cu un curent de premagnetizare optim la 500 Hz pentru fiecare bandă.

Diagrama de calitate a benzilor magnetice de fabricație actuală este prezentată în figura 180. În această diagramă sînt incluse cele mai importante

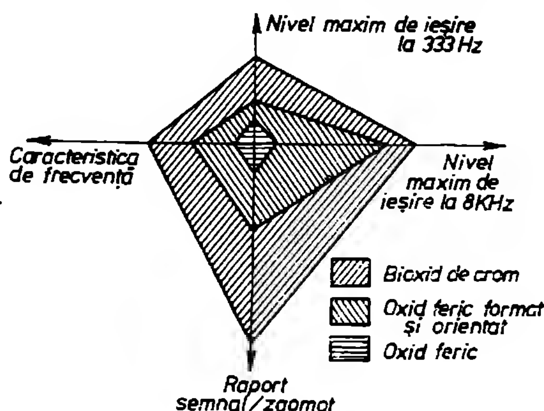


Fig. 180. Diagrama de calitate a benzilor magnetice.

caracteristici electroacustice. Ca bandă de referință se consideră banda de oxid feric cristalizat normal. În tabelul 25 sînt date principalele caracteristici ale benzilor magnetice.

La folosirea benzilor magnetice pe casete, corpul casetei este prevăzut, la benzile cu bioxid de crom, cu un ecran metalic în dreptul capetelor de redare, înregistrare sau ștergere în locul pîslei de ștergere a benzii, de la casetele pentru benzi cu oxid feric.

Tabelul 25

Principalele caracteristici ale benzilor magnetice

	Oxid feric	Oxid feric format	Bioxid crom
Curent premagnetizare	0 dB	0 dB	+ 5 dB
Nivel maxim de ieșire pentru a reproduce nedistorsionat 333 Hz	0 dB	+0,5 dB	+ 2 dB
Nivel maxim de ieșire pentru a reproduce nedistorsionat 8kHz	0 dB	+4 dB	+ 5 dB
Raport semnal/zgomot	0 dB	+2 dB	+ 6 dB
Frecvența maximă de răspuns	12,5 kHz	14 kHz	15,5 kHz

În aparatura profesională, pentru înregistrările originale de calitate (studiouri de înregistrare și de radioemisie), se folosesc benzi magnetice acoperite pe partea din spate cu un strat cu particule din carbon; acest strat creează un coeficient de frecare optim, reduce la minim alunecarea benzii și face deplasarea benzii uniformă și stabilă, indiferent de traseul benzii (chiar și la trecerea benzii între cabestan și rola presoare). Conductivitatea mare a stratului de carbon elimină în mare parte sarcinile electrice statice (din cauza frecării benzii din material plastic) și astfel, zgomotul datorat descărcării electrice este înlăturat. În plus, fiind stabilă deplasarea benzii în timpul funcționării instalației de redare-înregistrare, vibrația verticală a benzii (de la sistemele obișnuite) ce provoacă un zgomot modulat este, de asemenea, eliminat. Caracteristica de frecvență are un domeniu dinamic mare (20 ... 24 000 Hz) (fig. 181).

Exemple de benzi de magnetofon pentru instalații profesionale sînt banda UD 50-120 B, la care materialul de bază este folie de poliester, grosimea totală cu stratul de carbon este 50 μm și tipul de bandă magnetică UD 35-180B, la care materialul de bază este, de asemenea, poliester, grosimea totală cu stratul de carbon este 35 μm.

5.3.3. ÎNREGISTRAREA OPTICĂ A SEMNALELOR

Conservarea semnalelor se face prin variația transparenței unui suport care conține un strat fotografic ce poate fi impresionat de un flux luminos variabil. Înregistrarea semnalelor pe cale optică se face prin două procedee: înregistrare cu amplitudine variabilă și înregistrare cu densitate variabilă.

Înregistrarea cu amplitudine variabilă (fig. 182, *a*), numită și cu *densitate fixă*, determină semnalul sonor prin forma liniei de separație între regiunea opacă și regiunea transparentă a filmului. Suportul poate avea o singură margine modulată sau două margini (traseu bilateral).

Înregistrarea cu densitate variabilă conservă semnalele sonore prin variația densității optice a filmului fotografic (fig. 182, *b*). Lățimea modulației optice este constantă. Procedeul de înregistrare cu densitate variabilă este mai greu de controlat.

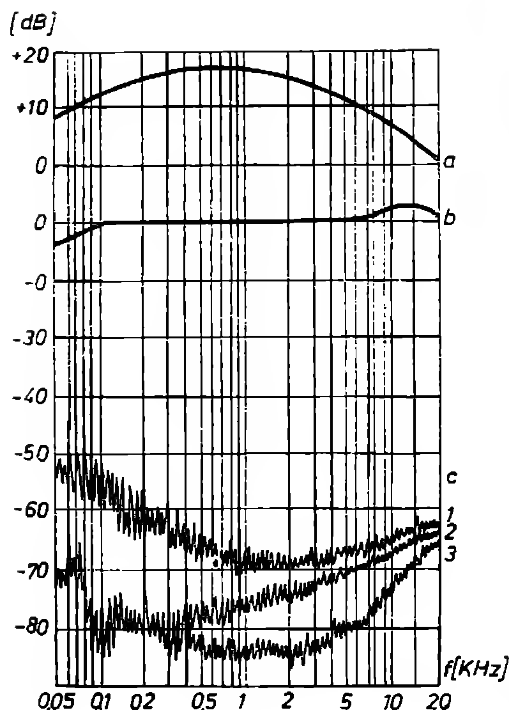


Fig. 181. Domeniul dinamic al benzilor magnetice profesionale: *a* — nivelul de saturație; *b* — răspunsul în frecvență; *c* — nivelul de zgomot;
1 — zgomotul de curent continuu; *2* — zgomotul de curent alternativ; *3* — zgomotul mecanic.

a b

Fig. 182. Înregistrarea optică a semnalelor electrice:
a — înregistrarea cu densitate fixă; *b* — înregistrarea cu densitate variabilă.

Înregistrarea cu amplitudine variabilă se realizează cu un fascicul luminos al unei lămpi de argon cu filament de tungsten ce traversează o fantă și cade pe o oglindă care oscilează față de axul vertical (fig. 183, *a*). Un sistem de lentile focalizează lumina. Oscilațiile oglinzii sînt o funcție de semnalul sonor ce trebuie înregistrat (sistem galvanometru).

Înregistrarea semnalelor sonore pe peliculă fotografică cu densitate variabilă se realizează cu o lampă cu neon a cărei intensitate luminoasă este o funcție de tensiunea aplicată pe electrozi. Sistemul optic permite creșterea densității luminoase. Se poate folosi și o celulă Kerr, celulă care rotește

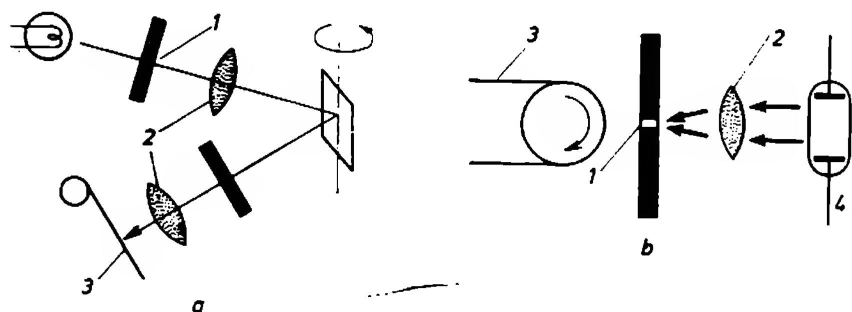


Fig. 183. Sistemul de înregistrare optică:
a — cu amplitudine variabilă; *b* — cu densitate variabilă; *1* — fantă; *2* — sistem optic; *3* — film; *4* — tub cu neon.

planul de polarizare al luminii polarizate ce trece prin ea în funcție de tensiunea aplicată.

Cu ambele procedee se pot înregistra mai multe trasee, semnalul reprodus rezultă din combinarea diferitelor semnale înregistrate.

Se folosește film fotografic de 35 mm lățime; pista sonoră este înregistrată pe o lățime de 2,54 mm.

Lectura optică a semnalelor înregistrate pe film se face cu celule fotoelectrice.

5.4. CONSTRUCȚIA SUBANSAMBLURILOR FUNCȚIONALE DE LECTURĂ A SEMNALELOR ÎNREGISTRATE

5.4.1. DOZE DE PICUP

Doza de picup traduce în semnale electrice denivelările laterale ale șanțului spiral de pe discurile înregistrate.

5.4.1.1. Doze electromagnetice

Principiul de funcționare al dozei electromagnetice este prezentat în fig. 184, *a*. Într-un cîmp magnetic constant creat de un magnet permanent se poate mișca o armătură mobilă dintr-un material de permeabilitate mare pe care este fixat acul (vîrful) de lectură. Oscilațiile armăturii antrenează deplasări ce corespund liniilor de forță ale cîmpului magnetic. Intensitatea fluxului magnetic ce traversează bobina din imediata apropiere a cîmpului magnetic este proporțională cu amplitudinea deplasărilor armăturii. Rezultă o forță electromotoare indusă în bobină. Armătura este menținută în poziția de echilibru de un amortizor din cauciuc, dar care nu stînjenește oscilațiile laterale ale armăturii.

Avantajele dozelor electromagnetice realizate ca în figura 184, *a* constau în preț de cost scăzut, robustețe, tensiuni de ieșire mari (0,1 ... 1 V), impedanță de ieșire mare (5 ... 20 kΩ), deci nu necesită transformator de adap-

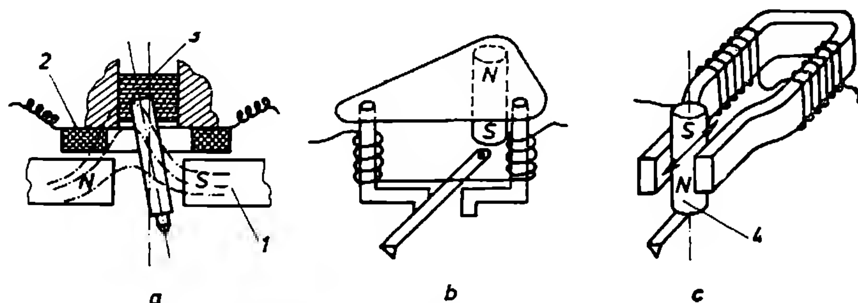


Fig. 184. Doze electromagnetice:
a — principiul de funcționare; *b* — cap de lectură cu reluctanță variabilă; *c* — cap de lectură magnetodinamic: *1* — magnet permanent; *2* — bobină; *3* — amortizor; *4* — ferită.

tare. Dezavantajul acestor doze electromagnetice de tip vechi este că sînt grele și de aceea frecvențele mari sînt reproduse cu distorsiuni, în plus, prezintă puncte de rezonanță.

Pe același principiu prezentat în figura 184, *a* s-au construit noi tipuri de doze electromagnetice care sînt ușoare (10 ... 30 g) și care au caracteristica de răspuns în banda 50 ... 10 000 Hz.

În figura 184, *b* se prezintă principiul constructiv al capului de lectură cu reluctanță variabilă (General Electric Co.). Cînd armătura oscilează, reluctanța cîmpului magnetic dintre piesele polare variază, iar variațiile fluxului magnetic induc forțe electromotoare variabile în cele două bobine montate în serie.

În figura 184, *c* se prezintă un alt tip constructiv de doză electromagnetică (Philips). Suportul acului de lectură este fixat pe o ferită cilindrică de ⌀0,8 mm. Ferita este magnetizată transversal. La oscilațiile acului de lectură, magnetul pivotează în jurul axului și se produc variații ale fluxului magnetic în fiecare braț al circuitului, astfel că se induc în cele două bobine tensiuni electromotoare variabile.

Dezavantajele dozelor electromagnetice de construcție nouă sînt: tensiuni de ieșire mici (0,01 ... 0,1 V), deci necesită amplificare suplimentară; bobinele în care se induc tensiunile electromotoare au un număr relativ mic de spire, deci impedanța de ieșire mică (50 ... 300 Ω); preț ridicat.

5.4.1.2. Doze electrodinamice

Dozele electrodinamice sînt formate dintr-un magnet permanent (Ticonal sau Alcomax) ce creează un cîmp magnetic de intensitate constantă. Vîrful de lectură este fixat pe carcasa unei bobine din material plastic pe care sînt bobinate cîteva zeci de spire din cupru (fig. 185). Bobina oscilează în jurul axului orizontal în funcție de deplasările acului de lectură. Se induce în bobină o tensiune electromotoare proporțională cu lungimea conductorului bobinei l, intensitatea cîmpului magnetic H, și viteza de deplasare a bobinei v; $e = Hlv$. Sensibilitatea dozei se obține pe baza folosirii unor cîmpuri magnetice intense, deoarece lungimea conductorului este limitată de creșterea greutății și gabaritului dozei.

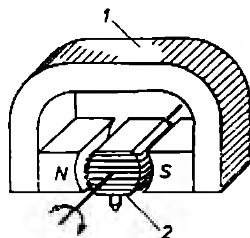


Fig. 185. Doză electrodinamică de picup: *1* — magnet Ticonal; *2* — bobină mobilă.

Dezavantajele dozelor electrodinamice constau în tensiunea de ieșire mică (0,005 ... 0,01 V); impedanță de ieșire mică (50 ... 200 Ω), necesită transformator de adaptare; relativ scumpe.

Avantajele dozelor electrodinamice sînt: caracteristică de frecvență liniară în banda 50 ... 15 000 Hz (traductor sensibil la viteză); ușor (10 g), ceea ce determină o uzură mică a discurilor.

Materialele utilizate în construcția dozelor electrodinamice și electromagnetice sînt următoarele: magnetul permanent se realizează din materiale magnetice turnate (Alni, Alnico, Ticonal, Fe-Mg), piesele polare și armătura (dozele electromagnetice) se execută prin ștanțare din fier fără remanență.

5.4.1.3. Doze piezoelectrice

Se folosesc în mod deosebit elemente bimorfe din titanat de bariu deoarece sînt mai stabile în timp și cu umiditatea, dar tensiunea de ieșire 0,1 V este

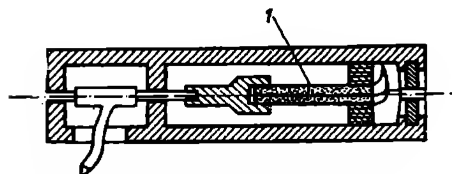


Fig. 186. Doză piezoelectrică de picup: 1 — element bimorf.

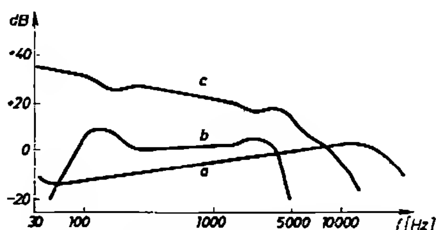


Fig. 187. Caracteristicile de frecvență ale capetelor de lectură:
a — electrodinamice; b — electromagnetice; c — piezoelectrice.

mult mai mică decît în cazul elementelor bimorfe din sare Segnette (bitartrat dublu de Na și K, 1 — 2 V). Caracteristica de frecvență este liniară în banda 50 ... 10 000 Hz cu o neuniformitate mai mică de $\pm 5\%$. Dozele piezoelectrice (fig. 186) sînt de impedanțe mari 100 ... 500 kΩ, sînt ușoare (10 g), sînt relativ ieftine.

Dezavantajele principale ale dozelor piezoelectrice constau în faptul că nu reproduc bine frecvențele ridicate (fig. 187) și sînt fragile (trebuie evitate șocurile).

Acele de lectură ale dozelor de picup se realizează din safir și sînt prinse de elementul piezoelectric printr-o ancoră elastică din termoplast sau din cauciuc care diminuează rezonanțele. Acul se lipește fie cu adeziv, fie se cositorește după o argintare prealabilă, pe suport din alamă sau bronz fosforos de grosime 0,1 ... 0,4 mm, suport ce este decupat în sensul de laminare pentru a fi cît mai arcuitor.

Carcasele dozelor piezoelectrice se execută din polistiren sau acetat de celuloză.

Asamblarea dozelor piezoelectrice se face prin șuruburi sau nituri.

Controlul dozelor piezoelectrice se realizează pe discuri standard, pe care în prima spirală este înregistrat un semnal etalon de frecvență 1 000 Hz, urmată de spirale care au înregistrate semnale în banda 50 ... 15 000 Hz. Tensiunea electrică pe sarcină este chiar sensibilitatea, citită pe primul șanț, iar caracteristica de frecvență este tensiunea de la ieșirea dozei, la lectura întregului disc. Controlul dozelor se face introducînd un instrument în paralel cu sarcina.

Se prezintă în figura 187 caracteristicile de frecvență ale diferitelor tipuri constructive de capete de lectură.

Principalele caracteristici ale capetelor de lectură de pe disc (doze de picup)

	Tensiune de ieșire [V]	Banda de frecvență [Hz]	Impedanță măsurată la 1 000 Hz [Ω]	Forța de apăsare [gf]	Preț relativ utilizare
Electro-magnetice					
— vechi	0,1 ... 1	30 ... 5 000	5 000 ... 20 000	30	ieftine amatori
— noi	0,01 ... 0,1	50 ... 10 000	50 ... 300 (transf.)	10...30	scumpe profesionale
Electrodinamice	0,005 .. 0,01	50 ... 15 000	50 ... 200 (transf.)	10	mediu
Piezoelectrice	1 ... 2	30 ... 18 000	100 000 ... 500 000	8 ..10	ieftine

Compararea diferitelor performanțe realizate de doze de picup electromagnetice, electrodinamice și piezoelectrice, sînt prezentate în tabelul 26.

Capete de lectură stereofonice. Pentru înregistrarea și redarea semnalelor stereo este adoptată metoda Westrex denumită și sistemul 45/45, care constă în gravarea celor două canale în flancurile șanțului discului (fig. 188, *a*). Flancurile sînt înclinate la 45°, iar mișcările acului sînt perpendiculare pe

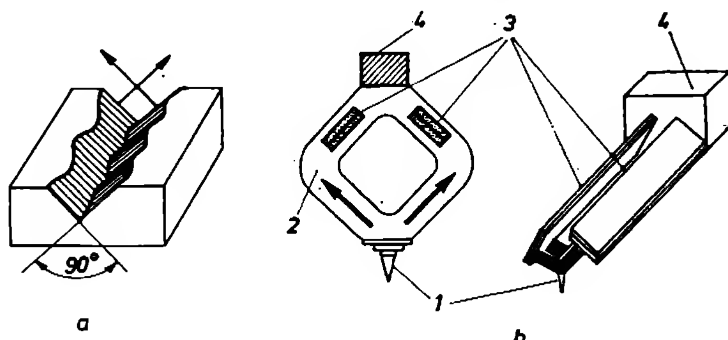
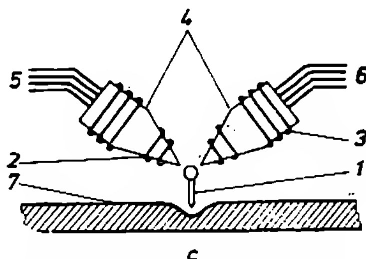


Fig. 188. Înregistrarea și redarea stereofonică:

a — șanțul discului stereofonic: *1* — direcțiile de deplasare ale acului; *b* — capete de lectură stereofonice piezoelectrice: *1* — vîrf de lectură; *2* — masă plastică flexibilă; *3* — elemente bimorfe; *4* — parte fixă; *c* — cap de gravare stereofonică: *1* — gravor; *2* — înfășurare de reacție; *3* — înfășurare de comandă; *4* — traductoare electromecanice; *5* — conexiuni de intrare dreapta; *6* — conexiuni de intrare stînga; *7* — disc stereofonic.



fiecare flanc. Capul de lectură stereofonic este fie electrodinamic, fie electromagnetic, fie piezoelectric. În figura 188, *b* se prezintă o doză piezoelectrică cu două elemente bimorfe, sensibile fiecare la deplasarea acului de lectură pe cîte o direcție. Variațiile tensiunii rezultate la fiecare element bimorf sînt amplificate de două canale distincte ce debitează pe cîte un difuzor.

Gravarea unui disc stereofonic se realizează cu un ac de gravare comandat de două sisteme de vibrație (fig. 188, *c*). Mișcarea rezultantă a acului față de centrul șanțului se numește *modulație de gravare*. Raportul dintre amplitudinea maximă de gravare și amplitudinea minimă corespunzătoare nivelului acceptabil semnal/zgomot (tipic 58 dB) definește domeniul dinamic al înregistrării (valori tipice 32—40 dB).

Fără înfășurările de reacție negativă (fig. 188, *c*) răspunsul în frecvență al vitezei are un vîrf de rezonanță în jur de 700 Hz prin construcția mecanică [51]. Înfășurările de reacție determină o viteză independentă de frecvență, iar gravarea se face cu viteză constantă.

Caracteristica de redare apare ca în figura 189, amplificatorul de comandă a înfășurării de gravare fiind egalizat, deoarece atenuarea frecvențelor joase previne supramodulația (diafonia între șanțuri), iar accentuarea frecvențelor înalte îmbunătățește raportul semnal/zgomot.

La înregistrarea cu viteză constantă, amplitudinea variază, deci, invers proporțional cu frecvența și panta maximă este constantă cu frecvența. Această a doua caracteristică este ideală, deoarece dispozitivele după care se face înregistrarea discurilor sînt dispozitive de viteză constantă (benzi magnetice). Totuși, amplitudinea variabilă creează probleme la extremitățile benzii de frecvență. Pentru cele zece octave ale benzii audio (20 Hz — 20 kHz), variația amplitudinii este de 1024 la 1. Dacă semnalul de 1 kHz este luat drept punct de referință pentru a stabili modulația de amplitudine nominală a gravării, atunci la frecvențe joase amplitudinea este atît de mare încît produce diafonie între șanțuri. La frecvențe înalte, amplitudinea devine atît de mică încît raportul semnal/zgomot este sub nivel.

La înregistrarea cu amplitudine constantă cu frecvența, panta maximă variază direct proporțional cu frecvența, adică viteza gravării este direct proporțională cu frecvența. Deci, acum viteza variază în raport 1024 la 1 în întreaga bandă audio. Dar cum se folosește înregistrarea de pe bandă magnetică, dispozitiv cu viteză constantă, deci nu cu amplitudine constantă,

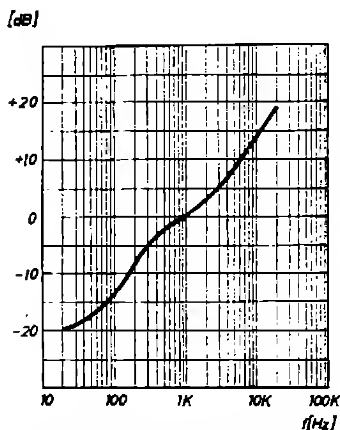


Fig. 189. Caracteristica de redare pentru un semnal înregistrat cu amplitudine constantă.

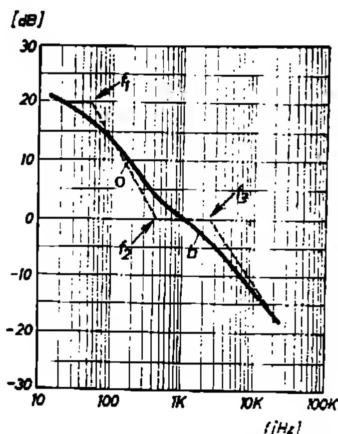


Fig. 190. Caracteristica de egalizare a redării (RIAA):
1 — viteză constantă; *2* — amplitudine constantă.

ieşirea va creşte cu + 6 dB/octavă. Deci, pentru a egaliza un astfel de sistem se cere preamplificatorului o caracteristică de 60 dB, ceea ce nu este o soluţie practică. De aceea se utilizează ambele sisteme de gravare ce dau o caracteristică de „amplitudine constantă modificată", la care regiunea din mijlocul benzii de frecvenţă este gravată cu viteză constantă. Un exemplu de caracteristică de egalizare a înregistrării este dat în figura 190 (Record Industry Association of America = RIAA), iar cele trei frecvenţe de referinţă corespund constantelor de timp ale circuitelor echivalente ale reţelelor electrice din echipamentul de imprimare, ($t = RC$, $t = 1/2\pi f$), $f_1 = 50$ Hz, $f_2 = 500$ Hz, $f_3 = 2\,120$ Hz, respectiv 3 180 µs, 318 µs şi 75 µs, şi denotă frecvenţele la care are loc schimbarea sistemului de gravare din amplitudine constantă în viteză constantă şi invers.

5.4.2. CAPETE MAGNETICE

Capul magnetic de lectură este un traductor electromagnetic care produce o tensiune electromotoare variabilă sub efectul unui flux magnetic variabil creat prin deplasarea suportului magnetic.

Capul magnetic de ştergere este un traductor electromagnetic ce aplică suportului magnetic cîmpuri alternative necesare ştergerii.

Capul combinat este un cap magnetic ce realizează cel puţin două din funcţiile înregistrate, lectură, ştergere.

Sînt două posibilităţi de înregistrare magnetică a semnalelor: înregistrare longitudinală, la care direcţia principală a cîmpului magnetic este paralelă cu direcţia de mişcare, şi înregistrare transversală la care direcţia principală a cîmpului magnetic este perpendiculară pe direcţia de deplasare. Este utilizat procedeul de înregistrare longitudinală deoarece permite soluţii mecanice mai simple.

Magnetizarea longitudinală a benzii magnetice (purtătorul de sunet) se obţine cu ajutorul capetelor magnetice circulare sau dreptunghiulare, prin cîmpul magnetic de dispersie din dreptul întrefierului capului magnetic.

Circuitul magnetic. Circuitul magnetic este constituit dintr-un pachet de tole de înaltă permeabilitate (mumetal, permaloy) inelare sau dreptunghiulare. Necesitatea de a realiza întrefieruri reduse (10 ... 30 µm, pentru capete de înregistrare, şi 5 ... 10 µm pentru capete de lectură) duce la fracţionarea circuitului magnetic în două tronsoane separate prin două întrefieruri (fig. 191). Întrefierul auxiliar are rolul să împiedice saturarea miezului la flux B mic (miezuri de calitate inferioară).

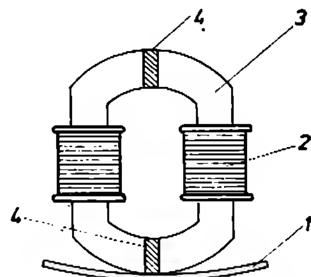


Fig. 191. Cap magnetic:
1 — banda magnetică; *2* — bobină; *3* — circuit magnetic; *4* — întrefier.

Lungimea de contact între capul magnetic şi banda magnetică trebuie să fie mai mare decît lungimea de undă cea mai mare a semnalelor ce se înregistrează. De exemplu, pentru o viteză de derulare a benzii de 9,5 cm/s şi o frecvenţă minimă de semnal de 30 Hz, trebuie să fie un contact perfect între cap şi bandă pe o lungime de minim 3 mm. Pentru a se realiza un astfel de contact se şlefuieşte miezul magnetic cu pietre abrazive răcite pentru a nu produce tensiuni interne şi deformări în pachetul de tole.

Procesul tehnologic de realizare a miezurilor magnetice constă în:

— ştanţarea din tablă de aliaje Fe—Ni sau Fe—Al de grosime 0,05 ... 0,2 mm şi din tablă silicioasă de fier de grosime 0,5 mm pentru capete de ştergere, a tolelor de formă inelară, pătrată, triunghiulară sau trapezoidală. Tolele sînt executate din două jumătăţi pentru a se obţine cele două întrefieruri. Ştanţarea se execută cu matriţe foarte bine ascuţite;

— formarea oxidului de izolare a tolelor prin tratament termic la 1000°C în atmosferă de hidrogen. Înainte de introducere în cuptor, între tolele pachetului se presară pulbere de oxid de aluminiu sau magneziu pentru a nu se lipi tolele între ele. Prin răcire bruscă, se formează oxidul izolator la suprafaţa tolelor;

— realizarea pachetelor capetelor magnetice: prin polimerizarea la 100 ... 200°C a adezivului introdus între tole şi prin presarea pachetului:

— rectificarea suprafeţei întrefierului pentru a avea o suprafaţă corespunzătoare de contact cu banda magnetică.

Capetele magnetice moderne sînt executate din ferite, ce oferă avantaje esenţiale în comparaţie cu capetele magnetice convenţionale: viaţă de aproximativ 200 ori mai lungă, contact cap-bandă bun, răspuns în frecvenţă mai mare, distorsiuni mai mici, zgomot mai mic, diferenţă de fază între canale la reproduceri stereofonice mai mică. În figura 192 se prezintă în secţiune un cap magnetic din ferită în comparaţie cu un cap magnetic din permalloy, de unde se vede uzura după 1 000 ore de funcţionare. Utilizarea capetelor magnetice din ferită este indispensabilă atunci cînd se foloseşte sistemul de reducere a zgomotelor (compresia dinamică la înregistrare şi extensia dinamică la redare) şi cînd se utilizează benzi magnetice cu bioxid de crom. Feritele cu permeabilitate mare sînt folosite pentru capetele magnetice la înregistrarea şi redarea frecvenţelor joase, deoarece realizează inductanţe mari.

Bobinajul miezurilor magnetice. Bobinajul este, de obicei, fracţionat în două sau patru înfăşurări legate în serie. Aceste înfăşurări sînt paralele faţă de cîmpurile exterioare parazite, astfel că se anulează curenţii paraziţi induşi.

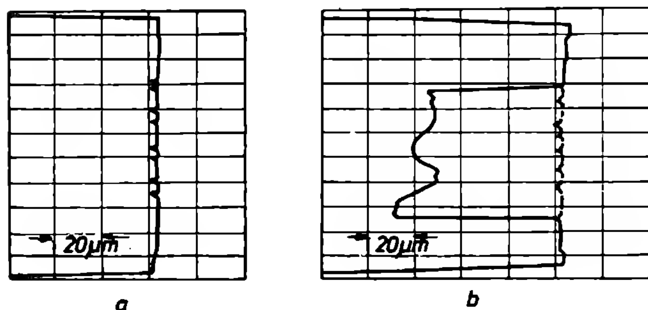


Fig. 192. Uzura unui cap magnetic din ferită (*a*) în comparaţie cu uzura unui cap magnetic din permalloy după 1 000 ore de funcţionare.

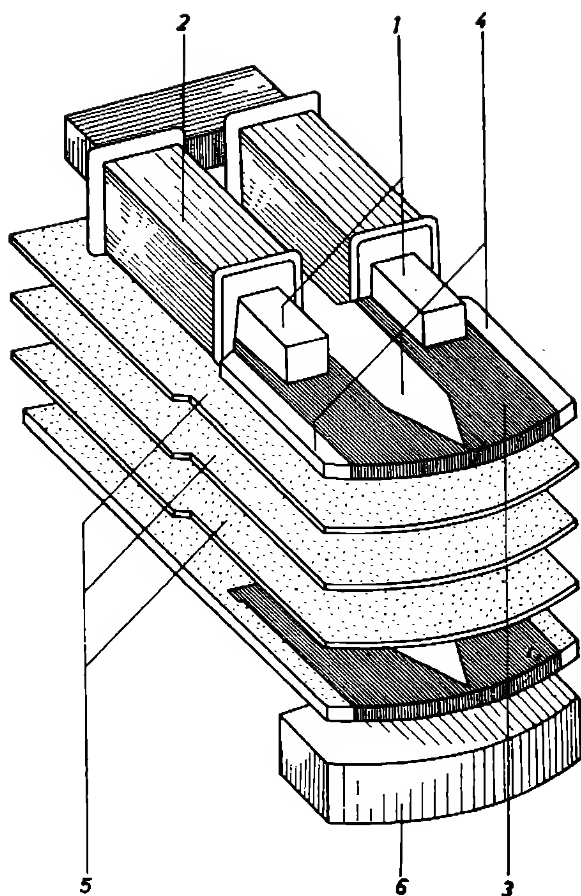


Fig. 193. Cap magnetic din ferită de construcție modernă pentru casetofon stereofonic:
1 — miez ferită; 2 — înfășurări; 3 — piese polare; 4 — suport piese polare; 5 — ecrane magnetice; 6 — piesă de protecție.

Pentru bobinare se utilizează conductor din cupru email de ⌀ 0,005 mm, bobinate spiră lîngă spiră, fără izolație între straturi, pe carcase termorigide sau termoplaste, sau direct pe miezul izolat cu scotch (bandă gumată).

Înfășurările sînt de impedanță mare, 2 500 Ω la 1 000 Hz. În aparatura profesională se folosesc capete magnetice de joasă impedanță.

Pentru a evita funcționarea într-o parte curbă a caracteristicii de magnetizare a suportului magnetic, adică pentru a păstra punctul de funcționare în regiunea liniară a caracteristicii, se suprapune peste curentul de joasă frecvență un curent purtător de înaltă frecvență, numit curent de polarizare magnetică. Rezultă prin aceasta o accentuare a intensității semnalului de joasă frecvență, o micșorare a distorsiunilor și o scădere a zgomotului de fond.

Ștergerea este realizată de un cap magnetic la care înfășurările sînt parcurse de un curent mare de frecvență ridicată (50 kHz, aproximativ egal cu cel de polarizare magnetică).

Ecranul magnetic. Ecranele magnetice au rol să micșoreze tensiunile electromotoare induse în bobinajele capetelor magnetice de către cîmpurile magnetice exterioare prin concentrarea cîmpului perturbator în ecran. Ecranul

se realizează dintr-un material cu reluctanță scăzută în comparație cu reluctanța miezului magnetic.

Ecranele capetelor magnetice se execută din aliaje Fe—Ni (permalloy, mumetal, rometal).

Controlul capetelor magnetice se execută în timpul operațiilor procesului tehnologic: verificarea inductanței, sensibilității, caracteristicii de frecvență cu benzi magnetice standard.

Asamblarea capetelor magnetice se realizează fie mecanic (asamblare demontabilă), fie prin înglobare în material plastic (asamblare nedemontabilă, cu dezavantajul că nu se pot repara). Se folosesc ca mase de turnare materiale termoplaste amestecate cu plastifianți, făină de cuarț și grafit pentru a mări rezistența mecanică. Avantajul capetelor magnetice înglobate constă în stabilitatea bună în timp, cu temperatura și la umiditate din cauza ermetizării în masa termoplastă.

În figura 193 se prezintă construcția unui cap magnetic din ferită stereofonic de fabricație recentă (Sony 1976).

Capitolul 6

ASAMBLAREA ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

6.1. PROBLEME ELECTROCONSTRUCTIVE ALE ASAMBLĂRII ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

Proiectarea asamblării echipamentelor electronice moderne trebuie să țină seama în mod deosebit de două principii generale, și anume, principiul economiei de materiale și principiul construirii unui ansamblu funcțional cu o tehnologie, reglare, control și depanare cît mai simple.

La aparatura electronică de mică și medie complexitate se urmărește în primul rînd economia de material. Astfel sînt proiectate, de exemplu, radioreceptoarele Cora, Alfa, Milcov, Cosmos, Neptun, Predeal și receptorul de televiziune Sport, care au întreaga schemă de principiu realizată pe o singură placă de circuit imprimat, pe care se montează componentele electronice și electromecanice. Aceste radioreceptoare sînt, în general, portabile, cu 1—2 game în benzile cu modulație de amplitudine, și la care nici domeniul de frecvență, nici puterea de ieșire nu cer măsuri speciale de precauție la cablarea schemei de principiu.

Aparatele electronice a căror complexitate ar determina introducerea de perturbații și dificultăți de reglaj și depanare în asamblarea pe o singură placă de circuit imprimat, se proiectează avînd în vedere cel de al doilea principiu. În această categorie intră radioreceptoarele Gloria, Maestro, Bucur și receptoarele de televiziune Diamant 75, Diamant S, Clasic H2, Venus H2, Napoca (cu circuite integrate).

Anumite subansambluri funcționale se pretează la tipizare. Așa sînt blocul de unde ultrascurte la radioreceptoare și selectorul de canale la receptorul de televiziune.

În continuare se prezintă unele criterii care stau la baza proiectării unor produse din producția indigenă de aparate de recepție de larg consum a căror complexitate necesită o motivare a soluției constructive.

Radioreceptorul „Neptun" este proiectat electroconstructiv pe monoplacă, doar subansamblul bloc de unde ultrascurte este separat, montat pe condensatorul variabil. Proiectarea blocului de unde ultrascurte pe aceeași monoplacă nu ar da rezultate satisfăcătoare în fabricația de serie, din cauza dificultăților de reglaj al radioreceptorului. Reacțiile locale și globale, necontrolate, datorate și limitelor largi ale parametrilor dinamici ai componentelor active, nu ar putea fi soluționate decît individual pentru fiecare receptor. Radioreceptorul Neptun este în fabricație de masă. Aparatul este lipsit de șasiu distinct, placa de circuit imprimat constituie în același timp șasiul care se montează pe casetă, economisindu-se astfel materiale și manoperă. Elementele

de comandă exterioară ale radioreceptorului sînt amplasate pe casetă din considerente de estetică, criteriu primordial în proiectarea constructivă a produselor de larg consum, în alegerea din mai multe produse de către cumpărător, pe lîngă funcționalitate și economicitate.

Asamblarea în linia tehnologică „totul pe placă", permite execuția mai ușoară cu personal de calificare scăzută, atît a montării, cît și a reglajului și reparațiilor. În linia tehnologică se găsesc dispozitive de prindere, de alimentare cu tensiune și de conectare a difuzorului (sarcina de ieșire) necesare reglajului. Fiind toată schema de principiu pe o placă, reglajele se execută în ordinea: amplificator de audiofrecvență, amplificator de frecvență intermediară, etaje de radiofrecvență MA și, în final, bloc de unde ultrascurte.

La locul de muncă, unde se fac reglajele amplificatorului de audiofrecvență, se controlează și se reglează curenții continui ai etajelor FI și RF (punctele de funcționare). Etajul de audiofrecvență are un singur element de reglaj, și anume, curentul de deschidere al tranzistoarelor finale. Pentru ca la alimentarea cu tensiune a șasiului, tranzistoarele finale să nu se deschidă prea mult înainte ca rezistorul semireglabil să fie ajustat, sursa de alimentare din acest loc de muncă este protejată la suprasarcină, astfel că se întrerupe alimentarea cu tensiune a șasiului testat cînd curentul crește peste o anumită valoare; în acest fel se înlătură posibilitatea distrugerii componentelor în procesul de fabricație. Punctul static de funcționare al amplificatorului de audiofrecvență se verifică organoleptic, prin palparea intrării cu șurubelnița și ascultarea nivelului de brum. Această verificare este suficientă, deoarece puterea de ieșire de 1 W cu $\delta \leqslant 10\%$ este mult sub valoarea impusă prin proiectarea și construcția prototipului de către norma internă a produsului (2 W).

La locul de muncă la care se verifică AFI și etajele de RF se face controlul și reglajul în c.a., folosind semnal vobulat sau generator de semnal și un instrument de ieșire. Se recomandă să se lucreze în linia tehnologică cu semnal vobulat, deoarece atunci cînd se folosește generator și instrument, reglarea secundarului detectorului de raport este îngreuiată din cauza dificultății de recunoaștere al celui de al doilea vîrf. Ordinea reglajului pe calea FI—MA (455 kHz) este de la detecție spre intrare cu realizarea curbei de transfer globală recomandată de proiectant, la nivelul de sensibilitate cerut de performanțele produsului. Reglajul căii FI—MF (10,7 MHz) se execută, de asemenea, de la ieșire spre intrare, cu specificația că secundarul detectorului care realizează curba „S" este ultimul reglat. Se execută două sau trei operații de reglaj pînă se obține curba de transfer clopot, apoi „S", la nivelul de sensibilitate recomandat de N.I.

Etajele de radiofrecvență se reglează pe fiecare gamă de frecvență în parte, UL, UM, US, UUS, prin fixarea gamei prescrise și prin alinierea circuitelor de intrare pentru realizarea uniformității de sensibilitate în bandă.

Produsul „Neptun" este economic datorită lipsei șasiului, numărului redus de dispozitive necesare în linia tehnologică de asamblare, reglaj și reparații și calificării reduse a muncitorilor ce participă la procesul de fabricație.

Un alt produs reprezentativ din producția românească de aparatură electronică de larg consum este *radioreceptorul „Gloria"*. Soluția constructivă modernă din punct de vedere estetic și tehnologic se justifică prin aceea că radioreceptorul portabil are funcțiuni complexe. Subansamblurile funcționale

sînt realizate pe plăci separate de circuit imprimat: blocul UUS, comutator și etaje de radiofrecvență pentru gamele MA, subansamblul amplificator FI—MA/MF și subansamblul discriminator, subansamblul amplificator AF cu circuitele de alimentare ale întregului radioreceptor. Șasiul radioreceptorului pe care se montează subansamblurile funcționale este realizat din polistiren prin injecție. Caseta este realizată, de asemenea, injectată din polistiren.

Complexitatea schemei de principiu ar solicita calificare ridicată a personalului din linia de reglaj și reparații. De aceea, s-a recurs la soluția reglării și reparării diferitelor subansambluri funcționale la locuri de muncă distincte (aproximativ un loc din 10 locuri de muncă), pentru a se executa cu personal de calificare superioară, iar montajul propriu-zis este executat de personal cu calificare inferioară.

Dar în acest caz, sînt necesare SDV-uri costisitoare care, prin amortizarea în producția de masă justifică economicitatea produsului.

Amplificatorul de audiofrecvență are schema de principiu îmbunătățită față de cea a radioreceptorului Neptun, cu reglaje de ton separate și continue pentru frecvențe joase și frecvențe înalte îi cu centraj al polarizării în curent continuu, cerut prin faptul că norma internă a produsului impune condiția de putere cu $\delta \leqslant 10\%$ la o valoare apropiată de intrarea în limitare a tranzistoarelor.

Pe aceeași placă de circuit imprimat pe care este asamblat amplificatorul de audiofrecvență se găsește redresorul îi stabilizatorul de tensiune pentru alimentarea radioreceptorului. Transformatorul de rețea este montat pe șasiu.

Din economie de materiale, radiatorul tranzistoarelor finale este și suport de prindere al mufelor de picup, magnetofon și difuzor suplimentar.

Detectorul de raport se montează pe placa de circuit imprimat al amplificatorului de frecvență intermediară. Tranzistorul amplificator și detectorul de raport propriu-zis sînt montate pe o plăcuță de circuit imprimat, întreg subansamblul fiind dublu ecranat. Blindajul din aluminiu, asemănător ecranelor filtrelor de frecvență intermediară MF, este introdus într-un blindaj din tablă de fier necesar ecranării față de cîmpurile de scăpări ale magnetului difuzorului care ar modifica valorile inductanțelor și față de cîmpul transformatorului de rețea, care ar modula cu brum semnalele etajului. Ecranul din tablă de fier este calculat pentru o atenuare cu 60 dB a efectelor cîmpurilor perturbatoare.

Amplificatorul de frecvență intermediară MA—MF (455 kHz—10,7 MHz) se reglează independent, ținînd seama de condițiile de adaptare între impedanța de intrare și ieșire pe generator (4,55 kHz — 10,7 MHz) și instrument, dar mai ales pe vobulator, pentru fiecare cale de amplificare.

Ordinea de reglaj pentru calea FI—MA este de la ieșire spre intrare, operația repetîndu-se. De asemenea, calea de FI—MF se reglează de la ieșire spre intrare, secundarul detectorului de raport reglîndu-se ultimul pentru formarea curbei „S". Minimul modulației de amplitudine parazită se reglează din rezistorul semireglabil al detectorului de raport.

Pe placa de circuit imprimat, pentru etajele de radiofrecvență, se montează comutatorul de game și circuitele pentru acoperirea și alinierea în gamele UL, UM, US_1 (59—10 MHz), US_2 (11,4—18 MHz). Deoarece radioreceptorul Gloria este recomandat și în autovehicule, inductanțele ce formează circuitele de intrare pentru recepția UL și UM folosesc oale de ferită, înlăturînd, astfel,

efectul paraziților de la sistemul de aprindere al motorului. Circuitul de intrare este adaptat la antena telescopică montată pe autovehicul.

Blocul de unde ultrascurte se montează ca și la celelalte radioreceptoare pe condensatorul variabil, constituind o unitate independentă ecranată pentru a se respecta condițiile impuse de standardele internaționale de perturbații radioelectronice. Ecranul este realizat din două blindaje din aluminiu pentru a se evita cuplajele parazite între etajele amplificatorului de frecvență intermediară MF și etajele blocului UUS. De asemenea, în blocul UUS etajul amplificator de radiofrecvență este ecranat pentru a nu se induce o tensiune parazită de la oscilator pe impedanța mare de intrare a etajului. Legăturile elementului de acord (condensator variabil, variometru) cu placa de circuit imprimat pe care este montat blocul UUS sînt scurte și rigide, pentru a nu participa la acordul circuitelor. De aceea, întreg blocul UUS se fixează rigid pe condensatorul variabil.

Din producția de receptoare de televiziune se prezintă *televizorul complet tranzistorizat „Sport"* (E—31—110°—720S) avînd selector de canale (12 canale OIRT în banda 48,5 — 230 MHz) cu comutație electronică a benzilor și acord continuu prin diode varicap și sistem de memorizare a acordului fin. Aparatul, cu aspect plăcut și modern, este asamblat într-o casetă asimetrică din lemn furniruit, avînd masca frontală din polistiren injectat, fixată pe casetă prin șuruburi în patru colțare. Capacul din spate al receptorului este, de asemenea, din polistiren injectat.

Șasiul televizorului este compus dintr-un radiator termic din aluminiu de grosime 2 mm în formă de L, consolidat cu o ramă care susține și ansamblul placă circuit imprimat. Pe radiator sînt montate toate elementele active de putere izolate electric, dar cu bună conductibilitate termică: diodele redresoare, tranzistoarele stabilizatorului de tensiune, tranzistorul final baleiaj orizontal, dioda recuperatoare și transformatorul de rețea.

Pe monoplaca de circuit imprimat sînt montate: selectorul de canale, amplificatorul FI cale comună, amplificatorul FI sunet (6,5 MHz), amplificatorul video, etajele de reglaj automat al amplificării, amplificatorul de audiofrecvență, etajele de baleiaj orizontal și vertical, etajele de sincronizare, stabilizatorul de tensiune.

Proiectarea cablajului imprimat a ținut seama de traseul optim pentru calea de semnal.

Amplificatorul de frecvență intermediară cale comună este asamblat în imediata apropiere a blocului selector de canale. AFI cale comună (38 MHz) este ecranat cu un blindaj din aluminiu cu interior despărțit în patru compartimente, pentru a se evita oscilațiile parazite datorate reacțiilor globale ale amplificatorului și cuplajele magnetice necontrolate între bobinele circuitelor acordate ale AFI cale comună. Reglajul AFI cale comună se execută cu ajutorul vobulatorului pentru realizarea cîștigului, a benzii de trecere și a nivelului de atenuare pentru rejecție.

Amplificatorul FI sunet (6,5 MHz) este ecranat cu un blindaj cu trei compartimente. Reglarea se face, de asemenea, pe instalația de vobulare care conține și semnalul de frecvență de 6,5 MHz vobulat.

Etajele de baleiaj vertical sînt montate grupat și mai distanțat față de celelalte etaje, din cauza tensiunilor înalte la care lucrează.

Selectorul de canale este asamblat pe placa de circuit imprimat, rigidizată prin cositorire de șasiul în formă de U. Șasiul este închis cu un capac fund pe

care sînt trecerile de sticlă și condensatoarele de trecere. Construcția selectorului este compartimentată în trei unități care conțin etajul de radiofrecvență, ieșirea FI și etajul oscilator cu mixerul și filtrele de bandă. Ecranarea completă a selectorului de canale se realizează cu două capace laterale care se montează prin culisare pe întăriturile ramei șasiu; prin aceasta se asigură

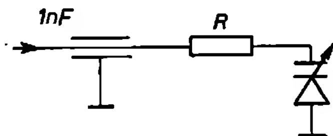


Fig. 194. Celulă de filtraj a tensiunii de acord.

și contactul ohmic pentru o bună punere la masă. Capacele au orificii ce corespund miezurilor de alamă pentru reglajul inductanțelor ajustabile.

Blocul selector de canale se montează pe monoplaca de circuit imprimat cu peretele pe care sînt trecerile de sticlă și condensatoarele de trecere. Lungimea conexiunilor nu are influență asupra acordului circuitelor, deoarece elementele de acord sînt diode varicap (comandă în tensiune), iar schema de principiu a selectorului de canale conține celule de filtraj a tensiunii de acord prin condensatoare de trecere și rezistoare (fig. 194).

După reglarea blocurilor funcționale, componentele ajustabile se blochează pentru ca parametrii funcționali să nu se modifice în timpul manipulării și transportului.

6.2. PROBLEME TEHNOLOGICE ALE ASAMBLĂRII ECHIPAMENTELOR ELECTRONICE

6.2.1. CARACTERISTICI ALE PRODUCȚIEI ÎN FLUX CONTINUU

Principalele particularități ale producției echipamentelor electronice în flux continuu sînt:

— *continuitatea procesului de producție:*

● eliminarea stocării produselor care ocupă spații productive și care duce la înrăutățirea parametrilor echipamentului electronic (prin acțiunea factorilor climatici, mecanici etc.);

● creșterea permanentă a productivității muncii (cea mai dificilă operație din procesul de producție trebuie să fie productivă);

— *ritmicitatea producției:* timpul necesar pentru fabricarea unui produs sau a unui lot de produse trebuie să fie constant și se notează cu t_0, iar cu N numărul total de produse: $t_0 = \frac{480 \text{ minute}}{N}$;

— *utilizarea mijloacelor de transport mecanizat* a pieselor, subansamblurilor și echipamentelor electronice între operații. Mijloacele de transport ale pieselor, componentelor, subansamblurilor funcționale și ale echipamentelor electronice pot fi:

● mijloace de transport obișnuite utilizate în industria construcțiilor de mașini: electrocare, cărucioare, poduri rulante etc.;

● mijloace de transport continuu fără mecanisme de acționare: benzi de asamblare mobile;

● mijloace de transport continuu cu mecanisme de acționare: benzi rulante, benzi transportoare cu role etc.

Folosirea mijloacelor de transport continuu a condus la organizarea mai bună a locurilor de muncă, la obținerea unei productivități sporite. Mecanizarea transportului permite o utilizare mai judicioasă a spațiului de muncă; produsele mergînd direct în magazie nu mai sînt necesare spații de depozitare parțială, rafturi, dulapuri etc. De asemenea, se reduce numărul muncitorilor auxiliari, deoarece nu se mai execută operații intermediare de depozitare.

6.2.2. PRINCIPIILE PRODUCȚIEI ÎN FLUX CONTINUU

Principiul succesiunii tehnologice trebuie respectat atunci cînd se stabilește amplasarea locurilor de muncă. Nerespectarea acestui principiu conduce la o asamblare a echipamentului electronic într-un ritm prea lent, deci productivitate scăzută.

Amplasarea locurilor de muncă ține seama de aprovizionare, producție și depozitare. Amplasarea locurilor de muncă în linie dreaptă se face atunci cînd numărul locurilor de muncă este mic și se dispune de un spațiu de producție limitat (fig. 195,*a*). Amplasarea locurilor de muncă în zig-zag și curbiliniu (fig. 195, *b* și *c*), se face cînd locurile de muncă pot fi deservite, de o bandă rulantă care alimentează într-un spațiu restrîns locurile de muncă, spațiu care este utilizat rațional. Se recomandă aplicarea principiului succesiunii tehnologice în cazul unui mare număr de locuri de muncă. Amplasarea locurilor de muncă pe o traiectorie curbilinie presupune și necesitatea alimentării cu materiale

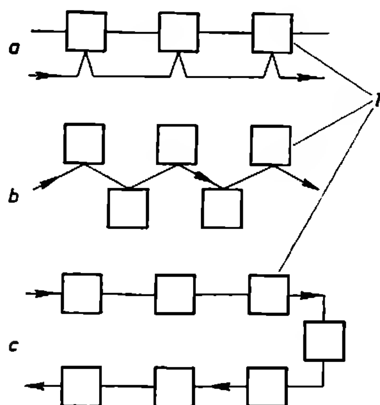


Fig. 195. Amplasarea locurilor de muncă la producția organizată în flux continuu: *a* — linie dreaptă; *b* — zig-zag; *c* — amplasarea pe o traiectorie curbilinie; *1* — locuri de muncă.

din exterior. Amplasarea în zig-zag și curbiliniu se pretează la folosirea unei benzi rulante de transport și este funcție de viteza de deplasare a benzii, astfel ca să se asigure timpul de executare al operațiilor la locurile de muncă respective. Pentru o viteză de deplasare a benzii v, și timp de realizare a produsului t_0 care trebuie să fie egal în acest caz cu timpul de efectuare a unei

operații, rezultă că operațiile trebuie executate în timpi egali, iar timpul de trecere de la o operație la cealaltă este egal cu timpul afectat unei operații; deplasarea de la un loc de muncă la celălalt, deci distanța dintre locurile de muncă în amplasamentul ce trebuie realizat este $s = v \cdot t_0$.

Principiul încărcării complete a locurilor de muncă: Operațiile principale sînt, de obicei, și cele mai complicate care necesită timpul cel mai mare de execuție. Locurile de muncă afectate unor operații mai simple, care ar necesita deci un timp mai mic, trebuie încărcate cu mai multe operații simple, astfel ca timpul total să fie pe cît posibil egal cu cel al unei operații principale.

Timpul de muncă afectat unei operații la producția în flux tehnologic continuu este influențat în mare măsură de specializarea și calificarea muncitorilor, cerînd pe cît posibil o specializare la același nivel a tuturor muncitorilor. Lipsa accidentală a unui muncitor specializat din banda de asamblare a echipamentului electronic se rezolvă prin dublarea temporară a personalului la locul de muncă, astfel ca să nu fie modificat întregul lanț de fabricație.

Principiul încărcării complete a locurilor de muncă trebuie verificat periodic, deoarece orice îmbunătățire tehnică adusă la una sau mai multe operații conduce la redistribuirea operațiilor pe locuri de muncă și chiar a locurilor de muncă.

Principiul ritmicității proceselor de deservire cu materiale semifabricate, echipament tehnologic etc. Între ritmul procesului de asamblare a echipamentului electronic și ritmul procesului de deservire cu componente, piese, subansambluri funcționale, trebuie să existe o corelație care să asigure procesul de producție continuu.

Organizarea producției unei întreprinderi în flux tehnologic necesită o organizare superioară și precisă a aprovizionării și distribuirii materialelor, pieselor, componentelor și subansamblurilor funcționale. Este necesar să se realizeze un sincronism perfect între secțiile, atelierele de semifabricate sau de asamblare a subansamblurilor funcționale și secția de asamblare finală.

Pentru evitarea neconcordanțelor, aprovizionarea trebuie realizată în avans, adică locurile de muncă să aibă piese, componente, subansambluri funcționale de rezervă. Acest lucru este posibil și dacă magaziile intermediare sînt cît mai apropiate de locurile de muncă.

Principiul mecanizării și automatizării transportului pieselor, componentelor, subansamblurilor funcționale și al echipamentului conduce la reducerea timpilor morți care există din cauza aducerii componentelor și pieselor și a ansamblului ce se realizează de la un loc de muncă la celălalt.

Principiul realizării unei disponibilități maxime a utilajului: sectorul de reparații a utilajelor de transport de la un loc de muncă la altul, cît și de reparație a utilajelor necesare fabricației în flux, trebuie să fie bine organizat pentru ca producția să se desfășoare în mod continuu. De multe ori sînt necesare utilaje de rezervă pentru a nu se întrerupe producția în flux continuu.

Cunoscînd principiile și caracteristicile producției de echipamente electronice în flux tehnologic se poate organiza producția încît să se obțină un indice de productivitate mărit în condițiile asigurării integrale a calităților și performanțelor echipamentelor electronice.

6.2.3. ORGANIZAREA PRODUCȚIEI PE BANDĂ

Producția pe bandă constituie un ciclu închis de realizare a echipamentelor electronice avînd repartizați în spațiu muncitori și instalații, utilaje, în conformitate cu desfășurarea succesivă a procesului de producție tehnologic, munca fiind coordonată după necesitățile producției. Forma de organizare a producției (asamblării) în flux tehnologic pe bandă constituie metoda superioară de organizare a producției de echipamente electronice.

Caracteristica principală a producției pe bandă este existența unor mijloace de transport între locurile de muncă; uneori, chiar procesul tehnologic se desfășoară pe aceste instalații de transport. Ca mijloace de transport între operații se pot utiliza benzile rulante, transportoarele pe role, cărucioare pe șine etc. Deoarece în industria constructoare de echipamente electronice piesele, componentele, subansamblurile funcționale au în general dimensiuni mici, dar operațiile sînt cu grad mare de complexitate, pentru transport este indicată folosirea benzilor rulante. La echipamente electronice de dimensiuni și greutate mai mari (de exemplu, receptoarele de televiziune etc.) se utilizează la transportul între operații cărucioare pe șine.

Obiectul muncii trebuie să treacă de la un loc de muncă la altul fără a se aglomera anumite locuri de muncă, adică așa cum s-a mai precizat, timpul de lucru pe operații trebuie să fie egal cu timpul pentru parcurgerea distanțelor dintre locurile de muncă pentru a se stabili ritmul corect de deplasare a benzii. Operațiile se execută în același timp și astfel are loc o translație a produselor pe bandă. Ordinea tehnologică de dispunere a operațiilor elimină transporturile încrucișate, iar spațiul parcurs de piese, subansambluri este mai scurt.

Deci, prin introducerea benzilor rulante de transportare a pieselor, subansamblurilor și produselor se obține: micșorarea duratei ciclului de fabricație, micșorarea stocurilor de producție neterminată, micșorarea numărului de muncitori auxiliari necesari transportului pieselor, semifabricatelor, componentelor și echipamentului electronic în procesul de fabricație, micșorarea numărului de muncitori auxiliari necesari pentru depozitare și ținerea evidenței.

Organizarea producției pe bandă se pretează la producția de serie și de masă și constă în următoarele:

— divizarea procesului tehnologic în operații simple, egale între ele sau multiple din punct de vedere al timpului efectiv de lucru;

— amplasarea locurilor de muncă în concordanță deplină cu procesul tehnologic;

— stabilirea pentru fiecare loc de muncă a operației sau operațiilor care urmează a se executa, ținînd seama că aceasta sau aceste operații se fac pe baza ritmului stabilit;

— trecerea pieselor, componentelor, subansamblurilor funcționale de la un loc de muncă la celălalt, bucată cu bucată sau în loturi mici;

— dacă există posibilitatea, se divizează procesul tehnologic în operații elementare asigurînd o organizare rațională și o sincronizare a întregului proces de producție;

— respectarea Normelor Interne și STAS-urilor pentru materiale, componente și semifabricate ce intră în componența echipamentului electronic.

Pentru asigurarea mersului neîntrerupt al producției pe bandă trebuie îndeplinite următoarele condiții:

— utilajul din bandă trebuie să fie bine pus la punct pentru ca să nu apară întreruperi în procesul de asamblare pe bandă;

— alimentarea ritmică a benzii de lucru cu piese, semifabricate, componente și subansambluri funcționale în vederea asigurării fluxului continuu;

— asigurarea fiecărui loc de muncă cu SDV-uri, întreținerea și repararea lor;

— respectarea de către muncitori a normelor de timp necesare fiecărei operații. În cazul lipsei unui muncitor din bandă se înlocuiește cu muncitori ce nu lucrează în bandă sau cu muncitori ce lucrează la capul benzii, unde se vor forma stocuri provizorii de produse.

Alegerea formei și metodei de organizare a lucrului pe bandă se face:

— după specificul fabricației ce urmează a se realiza pe bandă;

— după gradul și nivelul de specializare a întreprinderii;

— după volumul producției echipamentului electronic respectiv;

— după gradul de dezvoltare și nivelul tehnic, tehnologia de producție a întreprinderii respective.

În funcție de această alegere, se disting mai multe forme de organizare a producției în bandă.

a. *Organizarea după gradul de constanță a producției* echipamentului respectiv:

— producția în bandă constantă presupune prelucrarea sau asamblarea unui singur tip de echipament electronic; se utilizează în producția de serie mare și producția de masă; prelucrîndu-se un singur fel de produs, locurile de muncă se pot utila astfel că se poate obține o productivitate maximă;

— producția pe bandă variabilă se caracterizează prin aceea că echipamentul electronic ce se asamblează se schimbă des, fiind necesară o schimbare sau o nouă reglare a ritmului benzii, a utilajului de transport. Este un sistem de organizare recomandat pentru asamblarea echipamentelor electronice ce sînt fabricate în serie mică sau serie mijlocie.

b. *Organizarea producției după nomenclatura și ritmicitatea producției:*

— producția pe bandă continuă constă în sincronizarea strictă a timpului de execuție a fiecărei operații cu ritmul benzii;

— producția pe bandă intermitentă se caracterizează printr-un ritm liber menținut de muncitori; se utilizează utilaje universale. Banda poate avea întreruperi în timpul funcționării, iar deplasarea produselor între locurile de muncă se poate face într-un ritm liber;

— producția pe bandă variabilă, caracteristică a producției de serie a echipamentelor electronice, oferă posibilitatea executării produselor al căror proces tehnologic este de așa natură conceput încît să permită cu ușurință restructurarea produsului.

c. *Organizarea după natura ritmului producției:*

— benzile cu ritm liber au ritmul stabilit chiar de muncitori; muncitorii transportă piesele așezate în lăzi speciale de la un loc de muncă la altul în vederea executării operației următoare;

— benzile cu ritm reglementat respectă un ritm stabilit prin mijloace speciale de semnalizare și prin transportoare cu mișcare continuă sau intermitentă.

d. *Organizarea lucrului după gradul de înzestrare tehnică a benzii:*

— bandă mecanizată: toate operațiile se execută mecanizat;

— bandă semimecanizată: o parte din operații se execută mecanizat, iar cealaltă parte se execută manual;

— bandă nemecanizată: toate operațiile se execută manual.

e. *Organizarea lucrului după poziția obiectului muncii pe bandă:*

— bandă cu obiect mobil: obiectul muncii se deplasează de la un loc de muncă la altul în mod continuu sau în mod intermitent, fiecare muncitor executînd operațiile necesare locului său de muncă;

— bandă cu obiect fix: muncitorii se deplasează de la un loc de muncă la altul pentru a executa operațiile respective.

f. *Organizarea lucrului după modul de executare:*

— bandă de transport: banda este utilizată pentru transportul pieselor; produsul rezultat este deplasat de la un loc de muncă la altul pe bandă, dar pentru executarea fiecărei operații produsul este luat de pe bandă, muncitorul efectuează operația sau operațiile corespunzătoare locului său de muncă și repune apoi produsul pe bandă pentru trecerea lui la locul de muncă următor;

— bandă de lucru: la produsul așezat pe banda de transport se execută toate operațiile de către muncitori, banda fiind introdusă direct în circuitul tehnologic.

g. *Organizarea după configurația benzilor de lucru:*

— bandă în linie dreaptă organizată pe un rînd sau pe două rînduri de lucru, în funcție de necesități;

— bandă în formă de L, U sau zig-zag utilizate în general cînd posibilitățile de amplasare ale utilajului în linie dreaptă sînt limitate sau chiar nu există;

— bandă în cerc sau curbă.

O atenție deosebită trebuie acordată încărcării benzii; dacă încărcarea se face manual, atunci piesa sau produsul nu trebuie să depășească greutatea de 15 kg.

Asamblarea echipamentelor electronice pe benzi statice

Din punct de vedere constructiv, benzile statice sînt constituite din mese de lucru pe care se găsesc montate utilajele necesare operației respective. Locurile de muncă sînt amplasate de o parte și de cealaltă a benzii statice. Deplasarea produsului de la un loc de muncă la altul în ordinea cerută de procesul tehnologic se face de către muncitori pe bucată sau în lot, în funcție de mărimea produselor ce se lucrează pe bandă. *Dezavantajele* organizării asamblării echipamentelor electronice pe benzi statice constau în:

— nu se poate păstra un ritm fix al benzii datorită faptului că produsele sînt împinse manual de la un loc de muncă la celălalt, ceea ce influențează productivitatea muncii;

— nu se pretează la automatizare complexă a operațiilor;

— nu se poate face o egalizare perfectă o timpilor afectați fiecărei operații.

Asamblarea produselor pe benzi rulante

Eliminarea dezavantajelor pe care le prezintă asamblarea pe benzi statice se face prin folosirea unor benzi rulante. Defalcarea operațiilor în ordinea cerută de procesul tehnologic trebuie făcută amănunțit, pe operații, faze, mînuiri, în scopul unei juste normări tehnice, căutînd să se obțină timpi egali pentru fiecare operație.

Benzile rulante au mare aplicabilitate în industrie. În industria constructoare de echipamente electronice sînt utilizate în mod deosebit la operațiile de asamblare. Benzile rulante se compun din:

— scheletul benzii, confecționat din fier cornier și alcătuit din tronsoane prinse în șuruburi; tronsonul are montat pe el role care susțin banda transportoare; rolele sînt din țeavă de oțel ce se sprijină pe lagăre din textolit;

— suportul tamburului de antrenare și al tamburului de întindere, reductorul, care este antrenat de un motor electric prin intermediul unei transmisii cu curea trapezoidală, puterea și turația fiind calculate în funcție de numărul treptelor de demultiplicare, viteza, greutatea și lungimea benzii. De la reductor, prin intermediul unui pinion de antrenare, mișcarea este transmisă roții dințate fixată pe tamburul de antrenare a benzii;

— banda de transport propriu-zisă este, de obicei, din cauciuc cu două sau trei inserții din pînză sau masă plastică cu inserții din pînză, de lungime corespunzătoare procesului tehnologic și de lățime 0,2 ... 1 m în funcție de echipamentul electronic sau subansamblul funcțional, pentru care este confecționată banda rulantă și care asigură rigiditate și stabilitate benzii în timpul transportului;

— mesele de lucru se confecționează din oțel cornier prins de bandă în margini de lemn și sprijinite pe două picioare, de asemenea, din oțel cornier. Pe mese se montează plăci de lemn cu dimensiunile în funcție de natura utilajului aferent apariției respective. Mesele sînt dispuse de o parte și de alta a benzii de transport, avînd un ciclu de fabricație organizat (fie în linie dreaptă, fie în zig-zag, fig. 195).

Varietatea constructivă a benzilor rulante de transport este foarte mare în funcție de specificul și particularitățile produsului ce urmează să fie asamblat sau prelucrat.

6.3. Tehnologia de grup

Metoda de organizare a fabricației în flux este cea mai înaintată metodă și împreună cu mecanizarea și automatizarea complexă a industriei este folosită în condițiile cele mai variate ale producției industriale și în special în industria constructoare de mașini. Prin organizarea procesului de producție în flux se obțin creșteri considerabile ale indicilor producției în fabricația de serie mare și de masă.

Nu aceeași este situația la fabricația de serie mică, care pe plan mondial ocupă în industria constructoare de mașini aproximativ 75% din producția totală.

Datorită sortimentului mare de repere și a metodelor existente de organizare, pregătirea producției se reduce la: executarea desenelor noului produs în funcție de complexitatea pieselor sau subansamblurilor și elaborarea proceselor tehnologice proiectate individual pentru fiecare piesă în parte pe baza experienței tehnologice a personalului și a întreprinderii unde urmează să fie introdus în fabricație. Se pierd din vedere și nu se folosesc în mod complet procesele tehnologice elaborate și verificate anterior, precum și utilajul aferent realizat pentru aceasta. De multe ori, se proiectează procese tehnologice diferite pentru piese identice sau similare, ducînd la elaborarea unei docu-

mentații tehnologice voluminoase, la consumarea de timp și de fonduri pentru proiectarea și executarea SDV-urilor și la un ciclu lung de pregătire a fabricației.

Rezolvarea problemei constă în crearea unei metodologii de elaborare a proceselor tehnologice și de proiectare a echipamentului care să asigure cea mai rentabilă și mai scurtă durată de pregătire tehnologică a fabricației. Practica a confirmat că este necesar să se treacă de la elaborarea proceselor tehnologice individuale la crearea unor procese tehnologice comune pentru grupe de piese similare, [58].

Deci, sporirea seriilor de fabricație este posibilă pe de o parte prin tipizarea pieselor și subansamblelor și pe de altă parte prin însumarea pieselor similare și ale tuturor produselor din planul unei întreprinderi, formînd astfel grupe de piese cu specific de fabricație înrudit, pentru care se pot elabora procese tehnologice comune sau tehnologie de prelucrare pe grupe de repere sau tehnologie de grup, care permit aplicarea în mare măsură a metodelor din fabricația de serie mare.

Pentru ca rezultatele să fie asemănătoare cu cele obținute în producția de serie mare, este necesar ca și fabricația de serie mică să fie ridicată tehnic și organizatoric la nivelul fabricației de serie mare, adică:

— creșterea seriei de fabricație, care să permită introducerea mijloacelor de prelucrare automatizate; această creștere se face prin totalizarea reperelor pentru toate echipamentele electronice din planul curent al întreprinderii și prin concentrarea prelucrărilor pe aceleași utilaje și cu aceeași tehnologie a pieselor asemănătoare. De aici, rezultă necesitatea grupării reperelor al căror specific permite aceeași tehnologie;

— organizarea liniilor tehnologice în flux, care, așa cum s-a arătat în capitolul 6.2, prezintă avantajele: reduce manipulările legate de transport, elimină necesitatea unor magazii intermediare, simplifică lansarea, organizarea, urmărirea și controlul fabricației, asigură o disciplină organizatorică și tehnologică, în sensul că împiedică prelucrarea pieselor pe mașini alese în mod arbitrar, se observă o specializare a muncitorilor.

Prin aplicarea acestor două principii la producția de serie mică se obține o creștere apreciabilă a productivității muncii, chiar dacă se folosesc în cazul unor utilaje simple, neautomatizate.

Efectuarea tehnologiei de grup înseamnă:
— clasificarea pieselor pe baza unui clasificator;
— alcătuirea grupelor de piese;
— proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare;
— proiectarea SDV-urilor;
— modernizarea utilajelor sau proiectarea unor utilaje speciale.

6.3.1. CLASIFICAREA REPERELOR ÎN VEDEREA PRELUCRĂRII DE GRUP

HCM 352-1971, privind aprobarea utilizării clasificării unitare a produselor și serviciilor recomandă să se folosească clasificarea unitară codificată a produselor și serviciilor. Clasificarea unitară este alcătuită din clasificarea generală și clasificările detaliate.

Clasificarea și codificarea produselor după gradul de complexitate, destinație și serie de fabricație, duc la obținerea de informații cum sînt:

— consumuri de muncă și materiale;

— costuri de fabricație etc.;

— se pot aprecia ce produse sînt mai economice;

— cauzele rămînerii în urmă și măsuri ce se pot lua;

— ciclul de asimilare optim;

— gradul optim de echipare cu SDV-uri etc.

Clasificarea și codificarea subansamblurilor după sistemele de montaj pe baza schemelor de principiu, a schemelor cinematice sau electrice duc la elaborarea tehnologiilor optime de lucru pentru toate schemele de montaj similare, ceea ce duce la creșterea productivității muncii.

Dacă producția unei întreprinderi se compune din puține produse asemănătoare sau subansambluri funcționale, se găsesc totuși multe repere de la diversele produse care să fie identice sau se aseamănă din punct de vedere constructiv și tehnologic.

Posibilitatea de a avea o frecvență mare de repetare a unor piese similare sau uneori chiar identice, permite aplicarea mai eficientă a normalizării și tipizării pieselor și se impune găsirea unor sisteme de clasificare-codificare care duc la mărirea seriilor de fabricație, deci la aplicarea unor tehnologii optime de lucru.

Sistemele de tipizare-clasificare se întîlnesc în literatura de specialitate sub multe variante. La noi în țară se folosește *sistemul de codificare dimensională* (împărțirea pieselor în grupe în funcție de dimensiuni); sistemul de codificare a materialelor pieselor și clasificatorul general al pieselor după forma constructiv tehnologică, care cuprinde un număr de 133 clase codificate după un sistem zecimal cu cîte trei cifre fiecare, toate reperele sînt împărțite în trei familii mari, iar familiile în subfamilii, fiecare subfamilie cuprinzînd zece clase.

6.3.2. ALCĂTUIREA GRUPELOR DE PIESE

Grupele de piese trebuie astfel alcătuite încît să se prelucreze după același proces tehnologic, pe aceleași mașini, cu același echipament tehnologic și cu aceeași reglare de bază a mașinilor.

Grupele se pot costitui după criteriile:

— să aibă o singură operație comună a procesului tehnologic: se prelucrează pe o singură mașină-unealtă sau la un singur loc de muncă;

— să aibă mai multe operații comune; se pot prelucra pe o linie tehnologică în flux continuu, fără însă ca fiecare piesă să se prelucreze la fiecare din mașinile din linia tehnologică;

— să aibă toate operațiile procesului tehnologic comun; toate piesele din grupa de piese se prelucrează la fiecare din mașinile din linia tehnologică, necesitînd doar reglaje simple ale poziției sculelor, înlocuirea unei scule cu alta etc.

În fig. 196 se prezintă schema unui flux tehnologic de grup.

Constituirea grupelor de piese se face în mod științific pe baza codului fiecărei piese. Codul ajută la găsirea pieselor de același tip. Constituirea grupelor de piese se face după două metode.

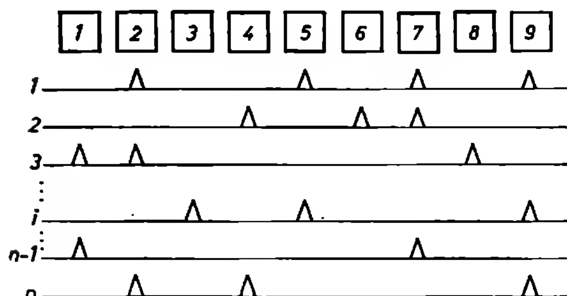


Fig. 196. Schema unui flux tehnologic de grup:

1 ... n, grupul de piese diferite; 1 ... 9, utilajele unei linii tehnologice.

— *Metoda încercărilor succesive:* se aleg după cartotecile de codificare toate piesele ce aparțin unei clase; pe baza cartotecilor se aleg desenele pieselor; desenele se triază după dimensiuni, formă geometrică etc. Grupa astfel constituită se înregistrează într-o fișă de evidență a grupei pe baza căreia se face programarea grupei de fabricație (fig. 197).

Fiecare piesă următoare ce se întîlnește în alte ansambluri sau produse noi, cu alt număr de desen, dar cu același cod, se înscrie în această fișă. Pentru piese ce au aceleași numere în perioade următoare de lansare în fabricație, desenele nu se mai modifică.

Cod

Nr. crt.	Număr de comandă	Numărul desenului	Materialul	Număr bucăți	Cantitatea de piese pe mașină

Fig. 197. Fișa de evidență a pieselor din grupa tehnologică.

— *Metoda criteriilor* folosind cartele perforate este o metodă simplă și eficace. Se folosește o cartelă cu perforații marginale (prin aceste perforații se specifică codul piesei, codul mașinii-unelte, numărul locului de muncă, numărul operației, numărul grupei, termenul de execuție a operației (fig. 198).

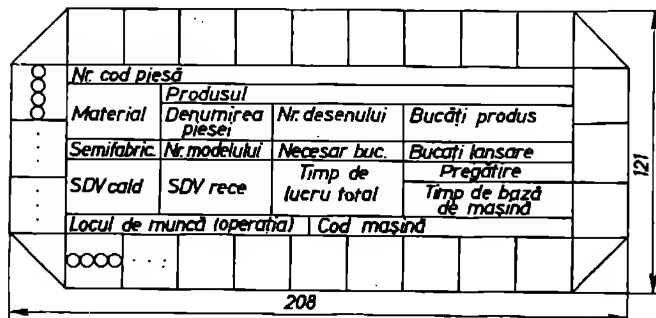


Fig. 198. Cartelă cu perforații marginale pentru constituirea grupelor de piese.

Se fac cartele pentru fiecare operaţie în parte. Selectarea cartelelor pentru constituirea grupelor se face cu ajutorul acelor. Informaţiile înscrise pe cartelă ajută în majoritatea cazurilor la constituirea grupelor fără să mai fie nevoie de desenele pieselor.

La constituirea grupelor prin această metodă se ţine seama, în general, ca piesele să facă parte din aceeaşi clasă, din aceeaşi grupă dimensională, să necesite cam aceleaşi prelucrări şi să fie confecţionate din aceleaşi semifabricate.

— *Metoda de grupare* utilizează calculatoare electronice fie după productivitatea maximă, fie după preţul de cost minim.

6.3.3. PROIECTAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE PRELUCRARE ÎN GRUP

După alcătuirea grupelor de piese trebuie proiectat procesul tehnologic de grup. Proiectarea trebuie să asigure prelucrarea fiecărei piese din grupul de piese fără o abatere esenţială de la schema tehnologică de bază:

— cînd sînt mai multe operaţii, succesiunea operaţiilor trebuie să fie aceeaşi pentru a avea o linie tehnologică în flux continuu; cînd există doar o singură operaţie comună, succesiunea fazelor la fiecare piesă din grupul de piese trebuie să fie aceeaşi;

— echipamentul tehnologic trebuie să fie de grup sau universal pentru a fi util pentru fiecare piesă din grup;

— utilajul din linia tehnologică trebuie să asigure productivitatea maximă cu cheltuieli minime de reglaj pentru trecerea de la prelucrarea unei subgrupe de piese la prelucrarea altei subgrupe din grupul de piese respectiv;

— documentaţia tehnologică trebuie să fie cît mai simplă ca formă şi cît mai completă în conţinut, să fie uşor de completat şi utilizat la locul de muncă.

Probleme cu caracter tehnico-organizator ce apar la proiectarea proceselor tehnologice de prelucrare de grup sînt:

— unificarea semifabricatelor;

— reglementarea transportului pieselor în atelier şi între secţii;

— determinarea volumului de muncă desfăşurat în paralel în diverse secţii ale întreprinderii;

— studierea posibilităţilor de specializare a anumitor ateliere sau locuri de muncă în unele genuri de prelucrări;

— stabilirea căilor de modernizare a utilajelor şi a posibilităţilor de proiectare şi executare de maşini-unelte specializate şi agregate speciale;

— organizarea în cele mai bune condiţii a locurilor de muncă.

6.3.4. PROIECTAREA SDV-URILOR PENTRU PRELUCRAREA DE GRUP

Sînt aceleaşi principii de proiectare ca la dispozitivele obişnuite:

— alegerea schemei constructive a dispozitivelor se face pe baza procesului tehnologic proiectat;

— utilizarea elementelor normalizate;

— utilizarea elementelor uşor şi rapid schimbabile pentru asigurarea posibilităţilor de fixare a tuturor pieselor din grupul de piese (asigurarea unui grad de universalitate ridicat);

— utilizarea elementelor normalizate de automatizare a funcţionării dispozitivelor pentru strîngerea şi eliberarea piesei după prelucrare;

— asigurarea unei fixări stabile şi uniforme a pieselor;

— simplitatea maximă în exploatare;

— alegerea bazelor tehnologice (în special a bazei de aşezare) să se facă în aşa fel încît să se elimine complet sau să se reducă la minim erorile de bazare;

— asigurarea unei rigidităţi corespunzătoare;

— asigurarea unei fixări pe maşină şi schimbări rapide ale dispozitivului la înlocuirea lui cu alt dispozitiv.

Este economică utilizarea dispozitivelor demontabile confecţionate din elemente normalizate.

Datele iniţiale, pe care trebuie să le posede subinginerul la proiectarea SDV-urilor sînt:

— desenele pieselor din grupul de piese;

— procesul tehnologic de prelucrare proiectat;

— datele despre maşinile unelte pe care se fac prelucrările;

— valorile regimurilor de aşchiere.

6.3.5. MODERNIZAREA UTILAJULUI EXISTENT

Se urmăreşte modernizarea utilajului existent prin:

— mărirea capacităţii de lucru;

— reducerea la minim a timpilor auxiliari prin mecanizarea şi automatizarea diverselor mişcări ale maşinilor unelte;

— dotarea cu posibilităţi de reglare uşoară şi rapidă la dimensiune pentru prelucrarea tuturor pieselor din grupul de piese respectiv;

— permiterea schimbării rapide a sculelor.

Avantajele organizării fabricaţiei în tehnologia de tip ca şi în tehnologia de grup sînt:

— uniformizarea proceselor tehnologice,

— adaptarea celor mai optime procedee de lucru,

— specializarea la cel mai înalt nivel a personalului care elaborează documentaţia tehnologică.

Avantajele tehnologiei de grup faţă de tehnologia de tip constau în:

— economii de manoperă între 25 ... 35%, în funcţie de stadiul de tehnicitate şi de organizare a producţiei în momentul aplicării metodei de prelucrare în grup (economii mari la întreprinderile în care documentaţia tehnologică veche era la nivel scăzut); economii de manoperă pe baza timpilor de pregătire-încheiere şi a timpilor de bază (prelucrare efectivă);

— economii de materiale;

— creează condiţii optime pentru lărgirea normalizării şi tipizării pieselor şi subansamblurilor, reducînd numărul de procese tehnologice;

— creează condiţii optime pentru uniformizarea proceselor tehnologice şi aplicarea celor mai bune metode de prelucrare prin creşterea numărului de repere prelucrate printr-un proces tehnologic comun;

— creează condiții optime pentru specializarea cea mai înaltă a personalului ce elaborează documentația, dar și a muncitorilor din diversele sectoare de muncă;

— asigură mărirea gradului de încărcare a utilajelor, precum și a dispozitivelor;

— simplifică pregătirea tehnologică și aduce economii de timpi productivi în munca celor ce elaborează documentația tehnologică, deși inițial trebuie cheltuită o muncă destul de mare pentru clasificarea, gruparea și codificarea reperelor la serviciile tehnice.

Pentru aplicarea tehnologiei de grup sînt necesare:

— planificarea și urmărirea corectă a grupelor de piese de-a lungul întregului proces de producție;

— îmbunătățirea mijloacelor de transport și stocare a pieselor;

— realizarea unei corespondențe juste între capacitatea mijloacelor de producție și manopera necesară prelucrării pieselor și subansamblurilor anumitor grupe;

— transformarea și îmbunătățirea evidenței primare;

— colaborarea perfectă între proiectanți, planificatori, tehnicieni, muncitori și subinginerii care coordonează activitatea tehnologică în producție.

6.4. PROBLEME DE PROTECȚIA MUNCII ÎN ÎNTREPRINDERILE ELECTRONICE

Protecția muncii cuprinde ansamblul normelor de tehnică a securității și de igienă a muncii, stabilite științific, care au ca scop asigurarea celor mai bune condiții de muncă, prevenirea accidentelor și a îmbolnăvirilor profesionale, reducerea efortului fizic, precum și asigurarea unor condiții speciale pentru cei care execută munci grele și foarte grele, pentru femei și tineri.

Tehnica securității muncii elaborează normele și măsurile care sînt necesare evitării accidentelor, asigurării integrității sănătății și protecției muncitorilor în timpul efectuării diverselor procese de producție, precum și metodele și mijloacele tehnice de reducere a efortului fizic în timpul desfășurării acestor procese.

Normele republicane de protecție a muncii—aprobate de Ministerul Muncii și de Ministerul Sănătății, prin ordinul comun nr. 34/20.02.1975 și respectiv nr. 60/20.20.1975 — stabilesc măsurile de bază privind tehnica securității și igiena muncii și sînt obligatorii pentru toate ramurile de activitate pe tot cuprinsul țării.

Normele departamentale de protecție a muncii întocmite de către ministere și alte organe centrale pe baza normelor republicane, cuprind măsurile și regulile de tehnică a securității și de igienă a muncii specifice fiecărei ramuri de activitate, obligatorii pentru toate organizațiile socialiste subordonate.

Instrucțiuni proprii de protecție a muncii, stabilite de organizațiile socialiste, cuprind prevederi din normele departamentale, precum și măsuri suplimentare proprii condițiilor de lucru din organizația socialistă respectivă.

Specialiștii în psihologia muncii, prin analiza factorilor care pot favoriza apariția accidentelor de muncă, au grupat acești factori în două categorii:

— *factori obiectivi*, legați de măsurile organizatorice, în care intră: condiții nefavorabile de iluminat, microclimat, zgomot, toxicitate etc.; organizarea necorespunzătoare a locului de muncă sau construcția defectuoasă a utilajului; lipsa dispozitivelor de protecție; organizarea necorespunzătoare a proceselor de muncă (lucrul în asalt, neasigurarea unui ritm constant, nerespectarea planului de revizie periodică a instalațiilor);

— *factori subiectivi* (umani) cum sînt: selecția profesională neadecvată din punct de vedere al capacității generale, a aptitudinilor, ritmului de lucru, periculozității, gradului de răspundere, vîrstei, sexului etc.; formarea profesională nesatisfăcătoare (instruire, practică, formarea deprinderilor etc.), lipsa de disciplină în ceea ce privește respectarea normelor de producție a muncii; nerespectarea unui regim ordonat de viață (nerespectarea timpului de odihnă, abuzul de alcool etc.); prezența unor stări afective (emotivitate, depresiuni, griji personale, boli); aspecte legate de procesul de adaptare, integrare, precum și de scăderea capacității de muncă.

Întîmplarea, hazardul nu pot fi luate în considerare, deoarece acestea sînt rezultatul nepregătirii, necunoașterii tuturor operațiilor, normelor tehnice și măsurilor de protecție a muncii care trebuie luate.

Dacă modul de muncă al muncitorului este organizat, o completă cunoaștere a desfășurării operațiilor, o sesizare precisă și rapidă a eventualelor pericole, o decizie rațională adecvată pot preveni accidentele.

Pentru eliminarea cazurilor obiective care pot provoca accidente, pentru reducerea influenței negative a cauzelor subiective și pentru atenuarea deficiențelor de comportament al personalului care participă la procesul de producție, este necesară instruirea acestuia.

Instructajul la locul de muncă urmărește cunoașterea și aprofundarea unor probleme cum sînt:

— descrierea și explicarea procesului tehnologic, arătîndu-se metodele de lucru recomandate și cele interzise, precum și pericolele la care sînt supuși cei care nu respectă normele de protecția muncii;

— organizarea rațională a locului de muncă, păstrarea ordinii, a curățeniei și a disciplinei;

— cauzele principale care pot produce accidente de muncă și măsurile ce trebuie luate pentru a le preveni; indicarea zonelor periculoase ale utilajelor și echipamentelor electronice de măsurare și control;

— necesitatea folosirii dispozitivelor de protecție și utilizarea corectă a sistemelor de pornire și oprire corectă a utilajelor și echipamentelor electronice;

— indicarea echipamentului de protecție și de lucru prevăzut în normativ pentru locul de muncă respectiv și necesitatea purtării lui în timpul lucrului;

— efectuarea în condiții sigure a transportului materialelor, componentelor și subansamblurilor funcționale la locul de muncă;

— folosirea în condiții sigure a instalațiilor electrice, a aparaturii electronice, a instalațiilor de iluminat, de ventilare și de combatere a incendiilor;

— măsurile de prim-ajutor în caz de accident;

— starea în care trebuie lăsat locul de muncă, sculele, utilajele, echipamentele electronice de măsurare și control la terminarea zilei de lucru sau la predarea schimbului următor;

— regulile de igienă personală.

Electrocutarea este accidentul cel mai grav care se produce atunci cînd omul atinge simultan două puncte care se află la o diferență de potențial mai mare de 40 V. Electrocutarea devine gravă dacă intensitatea curentului ce trece prin corpul uman depășește anumite limite, care sînt în funcție de:

— rezistența electrică a corpului uman, depinzînd de gradul de curățenie și de umezeală a pielii, faptul că prezintă vreo rană. Nu se produce moarte cînd intensitatea curentului prin corp este sub 0,05 A curent alternativ și sub 0,09 A curent continuu, dar accidentatul nu se poate elibera singur de sub acțiunea curentului electric. Dacă intensitatea curentului electric depășește 0,050 A curent alternativ și 0,09 A curent continuu, se produce fibrilația mușchiului cardiac și la puțin timp, moartea.

— traseul urmat de curent prin corpul uman, fiind periculos cînd sînt străbătute organele vitale (inima, plămînii, centrii nervoși),

— condițiile mediului ambiant, umezeala și temperatura la locul de lucru,

— mărimea suprafeței de contact între corpul accidentatului și elementele aflate sub tensiune.

Electrocutările sînt provocate prin atingere directă sau indirectă. Atingerea directă constă în atingerea elementelor metalice aflate sub tensiune, și care nu sînt izolate electric sau cu izolația defectă. Atingerea indirectă constă în atingerea unor părți metalice care în mod normal nu fac parte din circuitul electric, dar care datorită deteriorării izolației au intrat accidental sub tensiune.

Măsurile pentru evitarea accidentelor prin electrocutare sînt:

— izolarea părților aflate sub tensiune, prin izolarea conductoarelor, folosirea carcaselor metalice de protecție, îngrădirile cu plase metalice, blocarea electrică a instalațiilor sub tensiune;

— folosirea tensiunilor reduse (12, 24 și 36 V);

— folosirea mijloacelor de protecție și avertizare (scule cu mînere izolate, clești izolați; echipament de protecție; plăci indicatoare de securitate);

— deconectarea automată în cazul apariției unei tensiuni și a unei scurgeri de curent periculoase;

— separarea de protecție cu ajutorul unui transformator de separație; circuitul alimentat este izolat față de pămînt;

— izolarea suplimentară de protecție prin introducerea izolației suplimentare față de izolația de bază.

Capitolul 7

ASPECTE DE ESTETICĂ INDUSTRIALĂ ŞI MARKETING

7.1. ESTETICA INDUSTRIALĂ

Estetica industrială sau designul abordează ştiinţific problemele legate de creaţia produselor industriale şi tinde spre realizarea unităţii depline între funcţiile utile ale obiectului tehnic şi forma sa vizuală.

Jaques Viénot spunea că estetica industrială este ştiinţa frumosului implicat în domeniul producţiei industriale.

Design sau arta produselor industriale. Evoluţia materială determină evoluţia conştiinţei, a sentimentelor omeneşti. Se schimbă multe valori, multe sentimente, dar valoarea muncii rămîne aceeaşi. Satisfacerea dorinţelor de frumos, armonie şi echilibru, reunirea cu utilul, permanent şi pretutindeni, contribuie eficient la înfrumuseţarea şi uşurarea vieţii omeneşti.

Există şcoli ale bunului gust ştiinţific, la fel cum există şcoli ale bunului gust în artă.

Noţiunea de design a apărut încă din secolul 19 şi s-a dezvoltat într-un ritm accelerat, dar acum se face o estetizare continuă a relaţiilor sociale şi interumane. Elementele care estetizează mediul social şi anulează înstrăinarea sînt relaţiile echitabile între oameni, micşorarea sau reducerea totală a aversităţii faţă de locul de muncă prin aplicarea principiului managementului, ergonomiei esteticii industriale şi educaţiei etice a membrilor societăţii.

În activitatea productivă, mai ales în industrie, locul şi rolul designului este în cercetarea şi în proiectarea produselor. Estetica industrială înseamnă prototipul care trebuie să fie executat în întreprindere. Trebuie să vorbim de educaţia estetică a celor care sînt în zona de decizie şi în zonele de producţie.

În cercetare şi proiectare trebuie bine cunoscute implicaţiile tehnice şi economice: nu este permis să se neglijeze partea economică pentru a realiza performanţe tehnice superioare, de asemenea, considerentele estetice nu trebuie să sporească preţul de cost, ci dimpotrivă.

Odată cu realizarea unor performanţe tehnice îmbunătăţite trebuie să crească atractivitatea produsului; se cere ca produsul să fie mai bine realizat din punct de vedere ergonomic, să fie mai uşor de fabricat, mai uşor de întreţinut şi reparat. Toate aceste elemente se analizează la introducerea unui produs nou pe bază de concepţie proprie în producţie pentru a justifica apariţia lui.

Fielden susţine că designul tehnologic constă în utilizarea principiilor ştiinţifice, a informaţiilor tehnice şi a imaginaţiei pentru definirea unei structuri, a unei maşini sau a unui sistem care va fi destinat să efectueze funcţiuni prestabilite cu maximum de economie şi eficienţă.

Apar momente de cotitură în viața unui produs industrial, cînd din tehnologiile utilizate nu se mai poate obține un plus de eficiență și interes. Intervine estetica produsului, care fiind mai puțin atașată proceselor tehnologice, prin inițiativă și imaginație duce la crearea de produse noi.

În întreaga lume, primii specialiști preocupați de îmbinarea funcționalului, tehnologiei de realizare, esteticului și economicului au fost arhitecții. În țara noastră, primele preocupări pentru design au aparținut arhitecților tineri. Aceste manifestări au avut loc cu 10 :.. 15 ani în urmă, aplicîndu-se în industria aparatelor electronice și electrotehnice, fiind urmate de studiul caroseriilor autovehiculelor de fabricație românească.

Odată cu participarea României la procesul de schimburi comerciale internaționale sau, mai degrabă, ca o consecință a acestei participări, s-a cerut contribuția mai directă a designului la producția industrială, la promovarea produselor noi, la desfacerea acestora pe piața internațională și internă.

La aceeași valoare de întrebuințare, mărfurile noi realizate funcțional ergonomic și estetic se vînd mai repede.

Alături de scris, de vorbit, comunicarea prin semne, prin obiecte este o formă esențială a comunicării.

Educația industrială estetică este necesară. În America se merge pe testarea beneficiarilor, a populației (cînd este vorba de produse de larg consum). Marile trusturi fac teste cu ceea ce se cere pe piață. Deci nu este vorba de bun gust, ci de majoritatea gustului.

Conceptul de educație estetică pornește de la ideea că gusturile pot fi educate. Educația estetică pornește în primul rînd de la cei care sînt în producție.

Trebuie să existe un sincronism între cei ce intervin în producerea unui produs: beneficiarul, creatorul-proiectantul și producătorii. Produsele intră în contact cu comerțul, deci designerii depind de comerț. Într-o competiție internațională, un echipament electronic intră nu numai din punct de vedere tehnic și economic.

Nu este normal ca alegerile să fie unanime, pentru că selecțiile sînt la fel de variate precum oamenii sînt diverși. Trebuie relevat aspectul că între linia absolut subiectivă și obiectivitatea rigidă, este calea de mijloc, a realității. Elaborarea ideilor și a variantelor rezultă din creativitate. Discuțiile referitoare la frumosul industrial au legătură directă cu problemele de economisire a materiilor prime, cu problemele productivității muncii, cu problemele de ambianță-industrie la locurile de muncă și viață a oamenilor ce muncesc acolo, au legătură directă cu tot ceea ce realizează omul pentru viața omenească pentru a o face mai ieftină, mai bună și mai frumoasă.

Tot mai mult vînzarea produselor înseamnă un proces complex în care succesul depinde într-o proporție considerabilă de faza de identificare a nevoilor viitoare, pe de o parte, și de faza de concepere a produsului, pe planșeta proiectantului, pe de altă parte.

Accentuarea tendinței de înoire a produselor are la bază influențe multiple, dintre care, două sînt fundamentale: creșterea generală a nivelului de trai, a puterii de cumpărare a populației, și revoluția tehnico-științifică contemporană materializată în procese tehnologice noi, în materii prime produse pentru prima dată la noi în țară, în produse noi—mijloace de producție și bunuri de larg consum.

Noțiunii de utilitate obiectivă i se adaugă utilitatea subiectivă. Alături de deprecierea fizică asupra pierderii utilității bunului, începe să acționeze tot mai mult deprecierea funcțională, în deosebi sub influența apariției noilor produse.

Caracterul foarte dinamic al înnoirii produselor implică însă și uni mportant coeficient de risc, care însoțește procesul de lansare a noilor produse. De aceea, se afirmă că lansarea unui produs nou constituie una din sarcinile cele mai dificile, fiind necesare calități cum sînt: cunoștințe tehnice, cunoaștere complexă a pieții, utilizare a metodelor moderne, spirit de analiză și previziune, cunoștințe economice și intuiție bazată pe experiență.

Practic nu se poate vorbi astăzi despre creșterea eficienței, randamentul muncii sociale și cu atît mai puțin despre competitivitatea mărfurilor pe piețele externe, fără a asocia strîns categoria de înnoire a producției ca un proces permanent de îmbunătățire a calității, a caracteristicilor tehnice și economice, funcționale și estetice ale produselor [67].

Limitarea activității unei întreprinderi numai la realizarea planului de producție nu poate fi mulțumitoare ținînd seama de faptul că înnoirea produselor, modernizarea și diversificarea lor constituie cerințe de prim ordin ale unei economii moderne.

Începînd cu anul 1971 s-a introdus indicatorul „producția produselor noi și reproiectarea cu performanțe îmbunătățite".

În ceea ce privește pe beneficiar (consumator) noutatea constă în diferențierea în raport cu celelalte produse. Astfel înțeleasă această diferențiere, nu este obligatorie noutatea din punct de vedere obiectiv și tehnic.

Noutatea este în primul rînd o diferență care trebuie să fie ușor percepută de cel care utilizează produsul. În acest sens, produsul nou este în același timp și produsul cu o concepție tehnică complet nouă, ca și acel produs a cărui finisare sau mod de utilizare este nou.

Inovația apare numai atunci cînd un lucru este în întregime nou, nu a mai fost făcut niciodată pînă în prezent.

Imitația are loc atunci cînd o întreprindere copiază pe inovator, chiar dacă pentru acea întreprindere rezultatul este un produs nou.

Imitația inovatoare apare cînd nu se poate vorbi de o strictă imitație.

A. Patton desprinde diferite grade de noutate: noutate intangibilă, noutate parțială, îmbunătățire substanțială, îmbunătățire minoră.

O definiție completă dată pentru un produs este: un complex de atribute concrete și abstracte care cuprinde ambalajul, culoarea, prestigiul întreprinderii producătoare și al întreprinderii vînzătoare, serviciile după vînzare pe care cumpărătorul le acceptă și care-i satisfac dorințele sau nevoile sale.

În esență, orice combinație de caracteristici concrete și abstracte poate crea un produs aparte, deoarece fiecare combinație poate avea ca rezultat un ansamblu de avantaje sau satisfacții pentru consumator. De aici rezultă că posibilitatea de diferențiere a produselor este practic nelimitată.

Produsul, în general, și cel nou, în special, se diferențiază nu numai prin caracteristici intrinseci, ci și prin elemente exterioare concrete sau abstracte care fac pe consumator să prefere un produs în locul altuia.

Pentru a stimula înnoirea produselor s-ar putea utiliza în mod activ mecanismul prețurilor, mai ales că prevederile legii prețurilor permit o legare strînsă a prețului de bazele ciclului de viață a produsului (lansare, creștere, generalizare, declin).

Toate acestea trebuie să conducă la transpunerea în practică a prevederii legii cu privire la dezvoltarea economico-socială-planificată a României, astfel încît să se asigure folosirea deplină a potențialului de creație în vederea înnoirii și modernizării gamei de produse, realizării de produse cu caracteristici tehnico-economice superioare—condiție esențială a sporirii eficienței muncii sociale.

Perimarea planificată. Schimbările de produse noi nu pot fi chiar radicale. Piața cere mereu noutate, dar ea dorește să fie scoasă treptat din modelele obișnuite de consum, nu prin înlăturarea bruscă a acestora. În consecință, se practică și se dezvoltă strategia perimării planificate a produselor. Perimarea planificată poate fi realizată, în principal, sub trei forme:

— *perimare tehnologică sau funcțională,* prin introducerea inovației sau a îmbunătățirii lor simțitoare măsurate cu ajutorul standardelor tehnice;

— *perimare fizică,* intenționat proiectată, prin care un produs este proiectat să iasă din uz din punct de vedere fizic în cursul unei scurte perioade de timp (este riscant acest mod de perimare, pentru că întreprinderea poate dobîndi reputația că produce marfă de proastă calitate, deoarece durabilitatea constituie un motiv important de cumpărare;

— *perimare din punctul de vedere al stilului produsului* (perimare psihologică sau perimare de modă), care are ca scop să facă un beneficiar să se simtă depășit dacă continuă să utilizeze un model învechit. Aceasta constituie modificarea unor caracteristici de suprafață exterioare, ale unui produs pentru a crea anumite diferențe între modelele apărute în fiecare an.

În general, atunci cînd se vorbește de perimare planificată, se înțelege perimare de stil.

Prin stil se înțelege un mod distinct sau caracteristic de prezentare, construcție, executare sau de a se comporta etc.

Moda este un stil acceptat în general de diferite grupe succesive de oameni în cursul unei perioade de timp relativ lung. Moda este totdeauna bazată pe un anumit stil. Dar nu fiecare stil constituie o modă. Un stil nu devine o modă pînă nu capătă o anumită utilizare generală, populară și rămîne modă numai atît timp cît este acceptată ca atare.

Moda oferă în mod discret posibilitatea exprimării individuale a fiecăruia, pentru că moda este un obicei, dar și o manieră a depărtării de la obicei. Revoluția tehnico-științifică contemporană și creșterea nivelului de trai al oamenilor muncii sînt cei doi factori de bază care acționează în sensul accelerării ritmului schimbărilor în societatea modernă.

7.2. METODE DE DESIGN

Cu investigări raționale și cu pregătire și experiență limitate la profesiunile existente de proiectare și planificare, spațiul de cercetare este mult prea vast pentru a putea fi căutate sisteme fezabile noi, alcătuite din produse și componente noi. De aceea se impune, în primul rînd pregătirea multidisciplinară a proiectanților (cunoștințe și experiență în mai multe domenii, de la proiectarea componentelor pînă la acțiunea societății) și în al doilea rînd, utilizarea de metode care să furnizeze o gamă de receptivitate satisfăcătoare

la fiecare dintre aceste domenii. Metodele de design se referă la gîndirea care precede elaborarea proiectelor.

Utilitatea practică a metodelor de design poate fi evaluată din trei puncte de vedere: al creativității, al raționalității și al controlului asupra procesului de design [63].

7.2.1. PROBLEME DE CREATIVITATE ȘI INVENTICĂ

Orice om este un creator potențial, volumul creației fiecăruia variind între anumite limite. Proiectantul uman este capabil să producă niște rezultate în care are încredere și care adesea conduc la succes, fără a fi capabil să spună în ce fel le-a obținut. Cea mai mare parte a acțiunilor umane pot fi explicate considerînd că ele sînt în mare măsură guvernate de un sistem nervos înalt specializat, fără intervenția gîndirii conștiente. Creierul este o rețea care își schimbă configurația în concordanță cu intrările pe care le primește de la lumea exterioară și în care experiența din trecut este remodulată ori de cîte ori încercăm să o readucem în memorie.

Comportamentul creator se poate dobîndi și dezvolta prin instruire. La baza comportamentului creator trebuie să stea un element de motivație sau emoțional. Stimulente pot fi: părerea colegilor, pasiunea, avantajul material.

Cunoașterea metodelor de creativitate duce la mărirea potențialului creator. Draker spunea că un conducător trebuie să fie un inovator, cel care este rutinier nu poate supraviețui. Iar Mircea Malița susține că activitatea unui conducător este de 3 ore activitate inovatoare, 2 ore activitate de dezvoltare, o oră activitate de consolidare și 2 ore activitate de rutină.

Frînele activității creatoare sînt: rutina, conformismul, prejudecățile, cunoștințele căpătate anterior. Într-un cuvînt, rigiditatea mintală, și iluziile nejustificate; acestea devin evidente la persoanele care acționează într-un mod mult mai sistematic decît o cere situația sau care sînt incapabile să sesizeze relațiile externe ce vor împiedica materializarea ideilor lor. Pentru progresul științei este caracteristic faptul că un concept sau un grup de concepte pot ceda locul altui concept fără a afecta prea mult cunoștințele obținute cu ajutorul conceptelor inițiale.

Capacitatea de a transforma unele rezultate de detaliu de la o teorie la alta constituie o mare forță a științei. Metoda științifică impune cerințe evidente: atitudine de imparțialitate, considerarea tuturor posibilităților rezonabile, eforturi de a nu fi influențați de idei preconcepute, eforturi pentru a fi exact, ori de cîte ori acest lucru este posibil.

Kaufmann susținea că metodele și cunoștințele însușite pe parcursul vieții ne fac să gîndim prin prisma acestor metode (rutină), eliminînd creativitatea.

Cercetarea științifică este o artă și pentru cel ce practică o artă regulile, dacă sînt prea rigide, pot să facă mai mult rău decît bine. Ca toate artele, știința are nevoie de imaginație.

Creativitatea este individuală și de grup (multidisciplinară). O definiție se poate da creativității, și anume creativitatea este combinarea sub formă originală a elementelor existente în cîmpul perceptiv al unei persoane cu scopul de a elabora un mesaj nou util societății pentru o perioadă de timp.

Pentru creativitate este absolut necesar un bagaj de cunoștințe căpătate prin studiu sau experiență.

Frînarea noului există din cauză că:

— trecerea de la o situație veche la una nouă aduce oarecare perturbare pentru un timp oarecare, cerînd o mare capacitate de toleranță față de ambiguitate și conflict;

— o idee nouă nu prezintă toate avantajele din primul moment, restul se evidențiază pe parcurs.

Fazele procesului de creație sînt:

— punerea problemei și documentarea;
— faza de incubare (gestație);
— iluminarea (de durată scurtă, cînd țîșneștc ideea);
— verificarea;
— promovarea ideii — răspîndirea, confruntarea cu societatea fiind cel mai mare examen.

Creativitatea de grup. În lucrarea lui Guy Aznas „Creativitatea în întreprinderi", conform curbei reprezentate în fig. 199,*a* numărul optim de membrii ai unui grup multidisciplinar de creație este între 6 și 9 persoane, de exemplu, un proiectant, un tehnolog, un specialist în materiale, un specialist în marketing, un specialist în psihologie industrială, un specialist în estetică industrială și un beneficiar.

Cooptarea este o problemă de mare răspundere care trebuie făcută de un psiholog, cei cooptați să nu fie rutinieri, să fie integri, să aibă pregătire bună, cultură generală, acestea fiind elemente obligatorii pentru reușita activității creatoare.

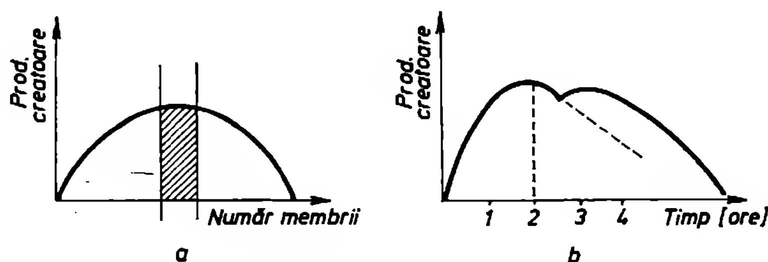


Fig. 199. Creativitatea de grup:
a — maximul de eficiență creatoare în funcție de numărul membrilor grupului;
b — maximul de eficiență creatoare în funcție de durata ședințelor de lucru în grup.

Durata ședințelor acestor grupuri multidisciplinare are un timp optim de maxim 2 ore (fig. 199,*b*). Activitatea creatoare în timp a grupului interdisciplinar este prezentată în fig. 200.

Armonia grupului este indispensabilă pentru a se obține într-adevăr un efect creator, egalitate între membrii grupului, să nu fie două persoane

cu idei antagoniste sau care nu se suportă reciproc, iar locul de desfășurare a activității să fie agreabil. Volumul cunoștințelor individuale este mult inferior volumului cunoștințelor de grup.

În ultima vreme din ce în ce este mai răspîndită metoda lucrului în grup multidisciplinar.

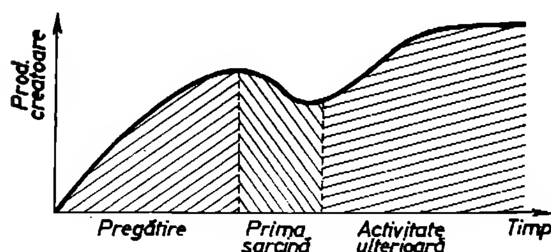


Fig. 200. Creativitatea de grup în funcție de timpul de colaborare.

Metode de creație colectivă

Metoda brainstorming este o metodă de a elabora cît mai multe idei și de a prelucra, apoi, rezultatul. Ședința de brainstorming constă dintr-o conversație la care fiecare contribuie cu libertate totală a imaginației, se admit chiar idei exagerate, și din care este exclusă critica. Ideile emise pot fi preluate și dezvoltate de ceilalți membri ai colectivului. Nimeni nu se teme de compromitere și de ridicul. Utilitatea metodei constă în prelucrarea rezultatelor brainstorming-ului de către o singură persoană, care are sarcina de a ordona ideile întîmplătoare sub forma unui model coerent.

S-a constatat că la vîrsta de 7 ani creativitatea este maximă; apoi încep programele care îngustează spiritul creator. Experții nu sînt suficient de creatori, ei reprezintă bagaje de programe, au tendința de a respinge ideile noi, de multe ori în mod inconștient.

Metoda sinectică este un procedeu prin care, în accepțiunea prezentată mai sus, soluțiile (ieșirile) date de creier la intrările pe care le primește acesta de la lumea exterioară, devin la rîndul lor intrări prin intermediul unor analogii alese cu grijă. Utilizarea analogiilor, la care contribuie toți membrii grupului sinectic, determină remodelarea intrărilor inițiale contradictorii, pînă cînd ia naștere un model capabil să rezolve conflictul. Analogiile corporale și biologice sînt cele mai complete și apropiate de perfecțiune.

Intrări necesare pentru găsirea soluției de design sînt datele recente pe care le primește proiectantul în legătură cu problema ce trebuie rezolvată, dar contribuie și datele primite de la probleme și experiențe anterioare. Se poate acționa asupra calității și accelerării soluțiilor proiectantului, dar se pot obține și rezultate nemulțumitoare, cînd se acceptă să își relaxeze un timp inhibițiile sociale. „Saltul intuitiv", prin care o problemă complicată este transformată într-o problemă simplă, poate să apară după o îndelungată și aparent nefructuoasă perioadă de căutări a soluției. Soluții compatibile problemei de design au șanse mai mari de obținere, cînd se face un control inteligent al introducerii datelor de intrare.

Un exemplu de aplicare a metodei sinectice de creație se bazează pe combinarea a două obiecte fără nici o legătură între ele, care poate duce la obținerea unui al treilea obiect ce reprezintă o unitate tehnică sau științifică (fig. 201).

În procesul de creație sînt două faze operaționale distincte;

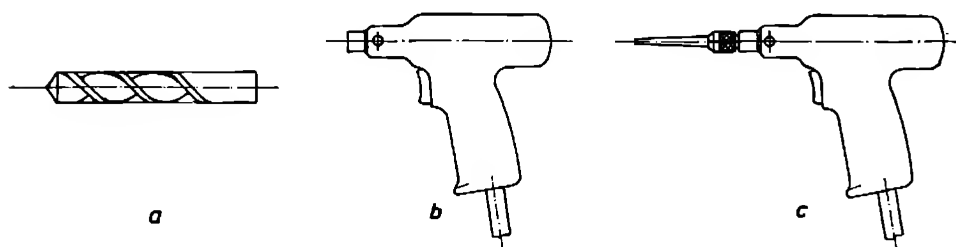


Fig. 201. Crearea unui obiect nou prin combinarea a două obiecte oarecare:
a — burghiu (mișcare spirală); b — pistol (aruncă proiectil), c — pistol de wrapare (înfășoară sîrmă).

— transformarea neobișnuitului în obișnuit: se pune problema, se fac ipoteze, se face o tratare secvențială pentru lămurire,

— transformarea obișnuitului în neobișnuit (procesul invenției); se asociază obiectului de studiat o serie de vorbe pentru a distorsiona obiectul real în vederea sugerării de idei noi.

Metodele de creativitate se pot enumera, dar sînt limitate: metoda aparatului nou, metoda aplicării unei teorii noi, metoda Molière (sau apelul la profani), metoda avocatului (susținerea unei idei cu toate argumentele), metoda combinării teoriilor, metoda clasificării ierarhice (tabelul Mendeleev), metoda detectivului (în geologie, paleontologie etc.), metoda modelelor, metode teratologice (cazuri aberante), metoda morfologică (Zwicky, se împarte un obiect în ansambluri formatoare și se combină formînd produse morfologice).

Fenomenul invențiilor simultane. Orice invenție se bazează pe alte invenții precedente. Invenția răspunde unei necesități sociale și poate să apară simultan în mai multe părți.

7.2.2. PROBLEME LEGATE DE RAȚIONALITATEA PROCESULUI DE DESIGN

Procesul de design se bazează pe ipoteze raționale, de cele mai multe ori, proiectantul fiind capabil să explice rațiunea pentru deciziile pe care le ia. Primind informații, proiectantul rațional parcurge o succesiune planificată de etape și cicluri analitice, sintetice și evaluative, pînă cînd identifică soluția cea mai bună. Pe aceasta se bazează unele metode sistematice de design, cum ar fi metoda morfologică și tehnica sistemelor. Caracteristice acestor metode le sînt următoarele etape: se fixează dinainte obiectivele, variabilele, criteriile și strategiile, care pot fi succesive sau paralele, analiza se încheie înainte de a se căuta soluțiile, evaluarea este în mare măsură logică și nu o evaluare experimentală.

O facilitate a aplicării metodelor raționale o constituie problemele de design care pot fi împărțite pe subprobleme, soluționarea fiecărei subprobleme

acaparînd un volum mai mare de inteligență, timpul de proiectare scurtîndu-se considerabil.

În cazul unor probleme de design ce sînt greu de defalcat în părți separate fără a se afecta performanțele, costul, greutatea, aspectul etc, implicînd interacțiuni multiple între elemente, responsabilitatea deplină revine unui singur proiectant, care ia deciziile importante, atît în ansamblul general, cît și în detaliile minore asupra unor componente ce s-ar putea dovedi critice.

O greutate în rezolvarea rațională a procesului de design o constituie imprevizibilitatea relațiilor reciproce totale între diversele subprobleme. Modelul interdependențelor dintre părțile componente ale problemei nu este fix; variabilitatea lui depinde de alegerea soluțiilor fiecărei subprobleme. Structura problemei rămîne instabilă pînă cînd se iau deciziile critice de design.

Identificarea variabilelor problemei, identificarea relațiilor dintre ele și maximizarea variabilelor de ieșire, ar fi calea de rezolvare liniară prin rațiune a problemelor de design. Aceasta implică o muncă de rutină, excluzînd inovarea, dar care permite automatizarea și, deci, accelerarea operațiilor de detaliu și a operațiilor repetitive din proiectare. Metoda elimină flexibilitatea atunci cînd este aplicată la proiecte noi, deoarece, prin ea însăși, identificarea variabilelor reprezintă dificultatea majoră a designului, scopul acestei activități fiind introducerea într-o lume existentă a unor forme noi.

Atît metodele de design sistematic, cît și metodele de design creator, trebuie să includă aspectele extrem de practice și de realiste ale cercetării componentului utilizatorilor.

7.2.3. PROBLEME LEGATE DE CONTROLUL PROCESULUI DE DESIGN

Explorarea unui proiect trebuie controlată și evaluată; prin aceasta, căutarea variantelor este inteligentă și utilizează atît criteriile externe, cît și rezultatele explorărilor parțiale pentru a pătrunde în necunoscut.

Scopul controlului strategic este de a da posibilitatea fiecărui membru al colectivului de proiectare să își dea singur seama de măsura în care acțiunile de explorare, asupra cărora s-a luat o decizie, produc sau nu un echilibru între noua soluție, situațiile care au influențat-o și costul soluției.

Caracteristic unei metode de control al strategiei este să reușească corelarea rezultatelor fiecărei părți a explorării cu obiectivele supreme, deși aceste obiective sînt într-o permanentă schimbare. Condiția esențială ca această evaluare detaliată să poată fi realizată este posibilitatea de a stabili dacă rezultatul fiecărei subacțiuni a unei strategii de design este compatibil sau incompatibil cu consecințele dorite ale strategiei luate în ansamblu.

Criteriile pentru controlul proiectelor de design se bazează pe:

— identificarea deciziilor critice, decizii care includ ipotezele inițiale, obiectivele, alegerea modelelor, alegerea strategiei și procedura de schimbare a strategiei;

— corelarea activității de design cu membrii colectivului ce depun o astfel de activitate, adică capabilitatea colectivului să ofere încredere și să dea o motivație că se va obține un rezultat mulțumitor, criteriu de control ce este greu de realizat, mai ales atunci cînd sînt colective interdisciplinare;

— identificarea surselor de informații utilizabile trebuie făcută înainte de a solicita informații critice sau costisitoare, și aceasta s-ar putea estima prin încercări independente sau pe bază de recomandări;

— explorarea interdependenței între produs și mediul ambiant, deciziile critice putînd fi identificate cînd sînt cunoscute condițiile și influențele factorilor ambianți asupra produsului.

Analiza valorii. Analiza valorii este o metodă de design care urmărește sporirea măsurii în care colectivele de design și producție își însușesc condițiile pentru a reduce costul produsului prin îmbunătățirea rezultatelor procesului de producție, respectiv obținerea valorii de întrebuințare maximă cu cheltuieli minime.

Etapele analizei valorii trebuie efectuate pentru fiecare component fizic al produsului. Aceste etape sînt:

— identificarea elementelor, funcțiunilor, costurilor și valorilor;

— cercetarea variantelor cu cost mai redus;

— selectarea elementelor cu un cost mai redus, care se înscriu în limitele acceptabilității funcționale;

— prezentarea contrapropunerilor selectate.

Dintre variantele elaborate, se alege aceea care are costul cel mai redus al funcțiilor totale ce trebuie realizate de produs.

Un exemplu de aplicare a analizei valorii în studiul ansamblului general al radioreceptoarelor și receptoarelor de televiziune în condițiile păstrării structurii echipamentului electronic și a compatibilității lui cu produsele aflate în fabricație poate fi găsit în [71]. Lucrarea se referă la analiza casetei receptoarelor, care deține o pondere însemnată în costul total al materialelor (20% în receptorul de televiziune, 31% în receptorul radio).

7.3. PROBLEME DE MARKETING

Considerentele de bază în proiectarea unui produs sînt: costul, funcționalitatea, dimensiunile.

Există două tendințe fundamentale diferite în proiectare:

— o tendință este de a păstra funcționalitatea constantă cu un preț în continuă scădere;

— cea de a doua tendință ține costul constant și se acționează pe creșterea funcționalității.

Ambele tendințe sînt în funcție de filozofia de marketing a industriei: funcționalitate mai complexă pentru utilizatori cît mai mulți, la un preț cît mai scăzut.

Marketingul s-a dezvoltat mai ales în ultimele două decenii, în legătură cu schimbarea intervenită în orientarea de bază a întreprinderii, pentru trecerea de la concepția aducerii mărfurilor pe piață la concepția mai largă de aplicare a metodelor raționale pentru o organizare eficientă a tuturor acțiunilor interne și externe ale întreprinderii, impusă de necesitatea racordării coerente și anticipate a producției la cerere [72].

Cele patru elemente fundamentale ale orientării de marketing a întreprinderilor sînt: produsul, prețul, distribuția, promovarea.

Fiecare domeniu al politicii de marketing reprezintă eforturi în cadrul unui program mai larg, conținînd nenumărate variabile. De exemplu, ca urmare a faptului că o întreprindere va avea ca obiect al activității mai mult decît un produs, întreaga gamă de produse va fi abordată ca un complex de produs, implicînd o diversitate de soluții.

Acest ansamblu de variabile este, deci, deosebit de complex, gradul de complexitate apărînd cu atît mai mare dacă se are în vedere faptul că modificarea fiecărui element în parte se răsfrînge și asupra celorlalte elemente componente. Pe de altă parte, condițiile de piață în continuă schimbare (apariția de noi produse, modificarea dorinței și a puterii de cumpărare a beneficiarilor etc.) afectează în permanență acest echilibru.

În acest context, marketingul definește dozajul judicios al politicii produsului, al politicii promoționale, al celei de distribuție și a politicii prețurilor.

În acești ani, conducerea folosește mult un alt element — factorul uman — considerat adesea elementul de importanță supremă în deciziile de marketing.

Marketingul implică integrarea tuturor informațiilor referitoare la forțele de pe piață în vederea analizării lor conjugate pentru reliefarea acțiunilor de marketing posibile care să asigure o adaptare mai eficientă a întreprinderii la condițiile de pe piață.

Politica de produs urmărește ca în baza concluziilor desprinse din studierea cantitativă și calitativă a ofertei și cererii de pe piață să se asigure adaptarea sa la mediul intern și extern, prin proiectarea unui produs care să satisfacă cu succes nevoile, dorințele, atitudinile și alte influențe în alegerea produselor de către beneficiari. Prin politica de produs trebuie avută în vedere realizarea unui astfel de produs care, prin volumul de desfacere să asigure un beneficiar de-a lungul întregului său ciclu de viață. Această componentă a marketingului cuprinde:

— atribute ale fiecărui produs: stil, culoare, ambalaj, marcă, calitate etc.,

— componența gamei de produse: mărimea gamei, mărimea produselor complementare etc.

Politica de preț. Produsul sau serviciul oferit trebuie să aibă un preț care să convină și executantului, adică să-i asigure un beneficiu în raport cu mijloacele investite de-a lungul ciclului de viață al produsului, dar să-i convină și beneficiarului, din al cărui punct de vedere prețul trebuie ales la nivelul la care acesta poate și este dispus să-l plătească în raport cu nevoile pe care i le satisface.

Distribuția definește procesul aducerii produselor de la executant la beneficiar. Distribuția este formată din două elemente:

— canalele de distribuție, care se referă la numărul și felul verigilor necesare pentru a aduce produsele pe piață, acolo unde sînt solicitate de cumpărători. În practică, eforturile întreprinderii sînt direcționate spre asigurarea unei deplasări diferențiate a produsului sau a gamei de produse, în raport cu o serie de factori de influență cum ar fi natura pieței, specificul de consum al produselor, zona geografică etc.;

— distribuția fizică, care se referă la realizarea într-o manieră sistematică și eficientă a operațiilor de manipulare fizică (transport, stocare, sortare și distribuire a produselor). Distribuția fizică are o pondere ridicată în costurile totale de marketing, deoarece numărul de operații este mare, iar dispersia geografică a pieței este, de asemenea, mare.

Activitatea de promovare constă în utilizarea unui ansamblu de acțiuni și mijloace de informare a consumatorilor (beneficiarilor) din punct de vedere al satisfacerii comode, complete, a nevoilor acestora prin cumpărarea produselor. Din punctul de vedere al creșterii desfacerilor și a eficienței activităților economice, deci, promovarea are rol economic și social. Acțiunile de această natură urmăresc, de fapt, să asigure un flux de informații care să răspundă cît mai bine nevoilor celor doi parteneri, executant — beneficiar, de pe piață.

BIBLIOGRAFIE

1. Programul și Directivele Congresului XI al Partidului Comunist Român.
2. Rubin M., *Advanced Technology input & output*. Auerbach Publ. Inc. 1975.
3. Hilberd G. R., *Integrated circuits a basic course for engineers and technicians*, Texas Instruments Electronics Serie, New York, 1969.
4. Plenara Comitetului Central al Partidului Comunist Român din 2—3 Noiembrie 1976.
5. Maynard, H. B., *Manual de inginerie industrială*, Editura tehnică, București, 1975.
6. Lăzăroiu, D., Săvescu M., ș.a., *Tehnologia de fabricație a pieselor radioelectronice*, Editura Tehnică, București, 1968.
7. Ordinul Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini nr. 130/1971.
8. Metodologie elaborată de Institutul Central de Cercetări și Proiectări Electronice, 1976.
9. Ordinul Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini nr. 56/21 iunie 1971.
10. *Norme de climatizare și protecție climatică*, Editura tehnică, 1970.
11. Stănescu, V. ș.a., *Tehnologia generală în industria electronică*, Editura tehnică, 1963.
12. Cruceru C., Cătuneanu V., *Construcția și tehnologia echipamentelor de telecomunicații*, Editura didactică și pedagogică, București, 1977.
13. Cătuneanu V., ș.a., *Materiale și Componente electronice*. Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
14. Demian Th. ș.a. *Calculul și construcția elementelor de mecanică fină*, Editura didactică și pedagogică, București, 1976.
15. Harper C. A., *Handbook of electronic packaging*, McGraw Hill Inc., 1969.
16. Romand P., *Aerospace computers in rackets and spacecraft*, Collogue International, Paris 3—6 Decembrie 1968.
17. Harper C. A., *Handbook of wiring, cablung and interconnecting for electronics*, McGraw Hill Inc., 1972.
18. Million A., Million C., *Lipirea și aliaje de lipit*, Editura tehnică, București, 1975.
19. Keil A., *Werkstoffe für elektrische Kontakte*, Springer-Verlag, 1960.
20. Schäfer K., Lax E., *Landolt-Börnstein Band II*, 3. Teil, Springer-Verlag, 1965.
21. Schiff L. K., Harmsen N., Schnabl R., *Electrical contact phenomena*, In: Proceeding of the Holm Seminar Electrical Contacts, Holm 1975.
22. Harmsen N., Heraeus W.C., *Spring-hard precious metal alloys with good tarnisching behaviour for electrical contacts*. În Proceeding of the 8th International Conference on Electrical Contact Phenomena, Tokyo 1976.
23. Rzant A. W., *Welding insulated copper wire*, În: Electronic Packaging Products, August 1966.
24. Siemens, *Electromechanical components for electronic equipment*, Data Book 1976/77.
25. Catalog produse din aluminiu și aliaje de aluminiu, Slatina 1976.

26. Pătruţescu M., *Electronică nucleară*, Editura Academiei R.S.R., Bucureşti 1972.
27. Morrison R., *Grounding and shielding techniques*, John Wiley, 1967.
28. National Semiconductor, *Voltage regulator handbook*, 1976.
29. Aichroth J. W., *Flat panel displays offer graphics alternatives*, În: Computer Design, vol. 16, nr. 10 (October 1977).
30. Apostol P., *Circuite imprimate*, Editura tehnică, Bucureşti, 1962.
31. Oemichen T., *Tehnologia circuitelor imprimate*, Editura tehnică, Bucureşti 1972.
32. Ricken W., *Materiale pentru circuite imprimate*, În Schweizer Maschinenmarkt, vol. 72, nr. 34.
33. Sommer K., *Noi procedee tehnologice pentru realizarea materialelor de multiplicare pentru producţia plăcilor de circuite imprimate*. În. Feingerätetechnik, vol. 21, nr. 9.
34. Riston European News (Du Pont), nr. 9, 1971.
35. Sullivan R. A., Brodsky R. S., *Printed circuits*. În Popular Electronics, vol. 2, nr. 3, 1976.
36. Halliday J., Resnick R., *Fizica*, vol. I şi II, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti 1976.
37. Lăzăroiu D. F., *Calculul termic al circuitelor realizate cu cablaj imprimat*. În: Telecomunicaţii, nr. 4, 1966.
38. Manolescu A. M., *Tehnologia straturilor subţiri*, Litografia Institutului Politehnic Bucureşti, 1976.
39. Lyman J., *Advances in materials components, processes, ensure hybrid prosperity in the LSI age*. În: Electronics, vol. 49, nr. 15, 1976.
40. Siemens, *Check before you freeze that design*. În: Electronic Design, vol. 21, nr. 1, 1973.
41. Monrad J., *Technologie d'électronique matériel des télécommunications*, Dunod, Paris 1963.
42. Stanomir D., *Electroacustica*, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti 1968.
43. Mazilu P., *Aplicaţii ale electreţilor în industrie*, Institutul Central de Documentare, Bucureşti 1968.
44. Berindei M., Rebreanu N., Mîşcă A., *Tehnica sunetului, Captarea*, Editura tehnică, Bucureşti, 1971.
45. Luca C., *Montaje acustice pentru difuzoare*, Editura tehnică, Bucureşti, 1972.
46. Popescu M., *Magnetofonul*, Editura tehnică, Bucureşti, 1962.
47. Maxell, *Sound Recording Tape, Ultradynamic Series*, London 1976.
48. Memorex Corporation, *Means excellence in sound reproduction MCA*, SUA 1976.
49. Brown C., *Audio. Întrebări şi răspunsuri*, Editura Tehnică, Bucureşti 1976.
50. Pioneer Electronic Corporation, *Hi-Fi stereo*, Tokyo 153, 1976/77.
51. National Semiconductor, *Audio Handbook*, Fürstenfeldbruck, W. Germany 1976.
52. Zamfir Gh., Pleşoianu T., *Perturbaţii radio şi înlăturarea lor*, Editura tehnică, Bucureşti 1966.
53. Suciu D., *Receptorul stereofonic*, Editura tehnică, Bucureşti, 1972.
54. Costiner E., *Circuite de radiofrecvenţă*, Editura tehnică, Bucureşti, 1968.
55. Teodorescu V., *Blocul de unde ultrascurte*, Editura tehnică, Bucureşti, 1968.
56. Băşoiu M., *Selectoare FIF tranzistorizate*, Editura tehnică, Bucureşti, 1978.
57. Soloviev A. L., *Rasciot mehanineschic elementov radiotehniceschih ustroistv*, Izdatelistvo Sovetscoe Radio, Moscova, 1972.
58. Drăghici G., *Bazele teoretice ale proiectării proceselor tehnologice în construcţia de maşini*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1971.
59. Nemeti L., *Programarea în timp a fabricaţiei*, Editura Dacia, Cluj, 1975.
60. Zaharia N., *Protecţia muncii*, Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1978.

61. Ministerul Muncii, *Catalog de dispozitive pentru protecția muncii*, București 1974.
62. Mitchelc L., *Microassembly problems*. În Electronic Engineering, vol. 44, nr. 536.
63. Crum L. W., *Ingineria valorii*, Editura tehnică, București 1976.
64. Revue Française de Marketing, France, 1973.
65. Design, Anglia, nr. 1—12, 1976/77.
66. Fielden G. B. R., *The fielder report, Her Majesty's Stationary Office*. În: Electronic Design 1963.
67. Maurer Gh., *Expunerea asupra proiectului de plan de dezvoltare economico-socială pe perioada* 1971—1975, Scînteia nr. 8944 (1974).
68. Patton A., *Top management's stake in production's life cicle*. În The Management's Review, nr. 6, 1969.
69. Broadbent G. H., *Psychological Background*. În: Proceeding of the Conference on the Teaching of Design, Ulm (W. Germany), 1966.
70. Jones J. C., *Design. Metode și aplicații*, Editura tehnică, București, 1975.
71. Crețu I., *Inițiere în estetica produselor*, Editura tehnică, București, 1973.
72. Demetrescu M. C., *Marketing* Editura politică, București 1973.
73. Brebenel S., *Practica transferului internațional de tehnologie*, Editura tehnică, București 1977.
74. Cătuneanu V. M., Strungaru R., *Construcția și tehnologia aparaturii radioelectronice*, Litografia Institutului Politehnic București, 1977.

Plan editură 5812
Tiraj 20.000 + 90 ex. broşate
Coli de tipar 16,50



Tiparul executat sub comanda
nr. 248 la
Intreprinderea poligrafică
„13 Decembrie 1918",
str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97
Bucureşti,
Republica Socialistă România

Lei 10,90

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI
1979